



Actualisatie MER A27/A12

Ring Utrecht

Deelrapport 'Bouwmethode bemalen met schermwand ter plaatse van verdiepte ligging A27'

Rijkswaterstaat - Grote Projecten en Onderhoud

17 november 2020

Project Actualisatie MER A27/A12 Ring Utrecht
Document Deelrapport 'Bouwmethode bemalen met schermwand ter plaatse van verdiepte ligging A27'
Status Definitief
Datum 17 november 2020
Referentie 104369/20-017.376

Opdrachtgever Rijkswaterstaat - Grote Projecten en Onderhoud
Projectcode 104369
Projectleider ir. J.S. de Leeuw
Projectdirecteur ir. O.G. Schepers

Auteur(s) ir. T.H. van Wee, M.C. Asschert MSc, drs. R. van Ek
Gecontroleerd door ir. J.S. de Leeuw
Goedgekeurd door ir. J.S. de Leeuw



Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
Leeuwenbrug 8
Postbus 233
7400 AE Deventer
+31 (0)570 69 79 11
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 veelevoudigd 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.

INHOUDSOPGAVE

0	SAMENVATTING	1
1	ACTUALISATIE MER A27/A12 RING UTRECHT	7
1.1	Voorgeschiedenis	7
1.2	Aanleiding	8
1.3	Doel dit rapport	8
1.4	Verwerking advies Commissie m.e.r.	9
1.5	Bestuurlijke randvoorwaarden	9
1.6	Wettelijk kader	9
1.7	Projectmatig kader	9
1.8	Voorkeursvariant verkeer	9
1.9	Thema stikstofdepositie	10
1.10	Leeswijzer	10
2	BOUWMETHODEN VERDIEPTE LIGGING ZOALS BESCHOUWD IN HET MER 2016	11
2.1	De huidige situatie: de folie	11
2.2	De 5 bouwmethoden	13
2.3	Methode 1: Wateropzetmethode	13
2.4	Methode 2: Sleufmethode	14
2.5	Methode 3: Persmethode	15
2.6	Methode 4: Groutmethode	16
2.7	Methode 5: Bemalingsmethode	17
	2.7.1 Beschrijving methode	17
	2.7.2 Grondwatereffect bemaling	18
	2.7.3 Mitigatie van grondwatereffecten	19
2.8	Toepasbaarheid van de bouwmethoden op het tracé	20
3	RISICOPROFIELEN BOUWMETHODEN OP BASIS VAN NADERE ONDERZOEKEN 2016-2019	22
3.1	Uitwerking en analyse bouwmethoden	22
3.2	Overzicht risicoprofielen	23

3.2.1	Toelichting criteria en beoordelingskader	23
3.2.2	Risicoprofielen bouwmethoden	24
3.3	Keuze voorkeursmethode	28
3.3.1	Toelichting beoordeling	28
3.3.2	Afweging bouwmethode en mogelijke combinatie van bouwmethoden	29
4	UITWERKING BOUWMETHODE BEMALING MET SCHERMWAND	30
4.1	Keuze ligging schermwand	30
4.2	Keuze diepte schermwand	31
4.3	Materiaal en dikte schermwand	32
4.4	Praktijkervaring met schermwanden	34
4.5	Onderzochte situaties schermwand verdiepte ligging	35
4.5.1	Bouw, fase 1: aanleg schermwand	36
4.5.2	Bouw, fase 2: wegverbreding in verdiepte ligging met schermwand	36
4.5.3	Gebruiksfase: eindsituatie na realisatie wegverbreding in verdiepte ligging met schermwand	38
5	METHODE	39
5.1	Overzicht milieueffecten	39
5.2	Beoordelingskader met relevante toetsingscriteria	40
5.2.1	Verkeer	40
5.2.2	Geluid	41
5.2.3	Luchtkwaliteit	41
5.2.4	Natuur	42
5.2.5	Bodem	43
5.2.6	Water	43
5.2.7	Ruimtelijke kwaliteit	44
5.2.8	Landschap en cultuurhistorie	45
5.2.9	Archeologie	45
5.2.10	Duurzaamheid	46
5.3	Uitwerking bestuurlijke randvoorwaarden	47
5.3.1	Grondwater i.r.t. bomen in Amelissewaard	47
5.3.2	Licht en geluid (omwonenden en natuur)	48
5.3.3	Bouwlogistiek	50
6	REFERENTIESITUATIE VOOR GRONDWATER EN NATUUR	51
6.1	Nieuwste en gewijzigde inzichten	51
6.1.1	Pomp- en retourbemaalingsproeven	51
6.1.2	(Veld)onderzoek Waalre-klei (WAK1)	52
6.1.3	Calamiteitenonttrekking t.p.v. waterproductielocatie Cornelis Biemond te Nieuwegein	54
6.1.4	Grondwaterstandsmetingen	56
6.1.5	Vitaliteitsonderzoek Amelissewaard	57
6.2	Referentiesituatie grondwater	61

6.2.1	Grondwatermodel	61
6.2.2	Grondwaterstanden	64
6.3	Referentiesituatie bos en stedelijk groen	69
6.3.1	Amelisweerd en de wijk Lunetten incl. park de Koppel	69
6.3.2	Wezenlijke kenmerken en waarden NNN	69
7	MILIEUEFFECTEN IN DE GEBRUIKSFASE (EINDSITUATIE)	81
7.1	Inleiding	81
7.2	Verkeer	81
7.3	Geluid	81
7.4	Luchtkwaliteit	81
7.5	Water	81
7.5.1	Grondwatereffecten	82
7.5.2	Risico op zettingen bij gebouwen	85
7.5.3	Ontwatering	87
7.5.4	Landbouw	89
7.5.5	Grondwaterbeschermingsgebieden	91
7.5.6	Waterhuishouding	91
7.6	Natuur	92
7.6.1	Beschermde gebieden	92
7.6.2	Bos en stedelijk groen (bos Amelisweerd, Lunetten incl. park De Koppel)	92
7.6.3	Beschermde fauna	95
7.7	Bodem	96
7.8	Ruimte en ruimtelijke kwaliteit	96
7.9	Landschap en cultuurhistorie	97
7.10	Archeologische waarden	97
7.11	Totaaloverzicht effectbeoordeling eindsituatie	99
8	MILIEUEFFECTEN TIJDENS BOUWFASE	100
8.1	Inleiding	100
8.2	Verkeer	101
8.2.1	Effecten op het Hoofdwegennet (HWN)	101
8.2.2	Effecten op het onderliggende wegennet (OWN)	103
8.2.3	Bouwverkeer	104
8.2.4	Omgevingsproces	107
8.3	Geluid (omwonenden)	108
8.3.1	Aanleg schermwand	108
8.3.2	Realisatie wegverbreding	109
8.4	Luchtkwaliteit	110
8.5	Water	110
8.5.1	Grondwatereffect	110
8.5.2	Risico op zettingen bij gebouwen	114

8.5.3	Ontwateringsdiepte	119
8.5.4	Landbouw	122
8.5.5	Grondwaterbeschermingsgebieden	123
8.5.6	Waterhuishouding	124
8.6	Natuur	125
8.6.1	Beschermde gebieden	127
8.6.2	Bos en stedelijk groen (bos Amelisweerd incl. Park de Koppel)	128
8.6.3	Beschermde fauna	131
8.7	Bodem	144
8.8	Ruimte en ruimtelijke kwaliteit	145
8.8.1	Ruimtegebruik bij maken schermwand	146
8.8.2	Kabels en leidingen	146
8.9	Landschap en cultuurhistorie	146
8.10	Archeologische waarden	147
8.11	Duurzaamheid	149
8.11.1	Berekening CO ₂ uitstoot	149
8.11.2	Berekening grondstoffengebruik	151
8.11.3	Effectbeoordeling	152
8.12	Totaaloverzicht effectbeoordeling bouwfase	153
9	OPTIMALISATIE VAN DE BOUWMETHODE BEMALING MET SCHERMWAND	154
9.1	Maatregelen grondwater bouwfase	154
9.2	'Drain'maatregel grondwater Amelisweerd eindfase	156
9.2.1	Drainage of infiltratie	156
9.2.2	Boven en ondergrenzen grondwaterstanden	158
9.3	Maatregelen geluid	158
9.4	Maatregelen licht Amelisweerd	159
9.5	Maatregelen beheersing uitvoeringsrisico's	159
9.5.1	Maatregelen beheersing uitvoeringsrisico's aanleg schermwand	159
9.5.2	Maatregelen beheersing overige uitvoeringsrisico's	162
10	MONITORING	164
10.1	Monitoringsvisie	164
10.2	Grondwater	164
10.3	Natuur	165
10.4	Gebouwen	165
10.5	Verkeer	165
11	REFERENTIES	166

0

SAMENVATTING

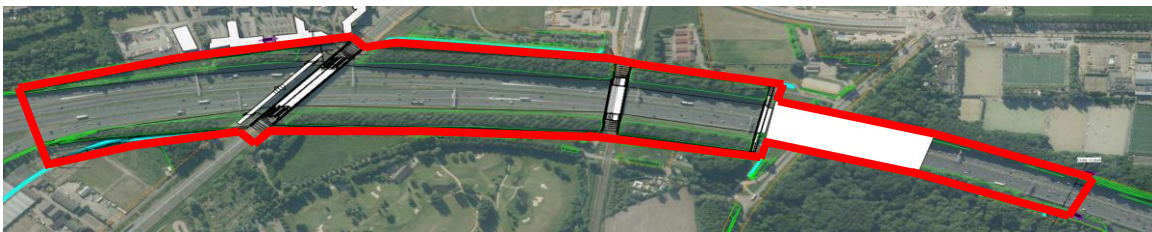
Rijkswaterstaat heeft in 2016 een Milieueffectrapport (MER 2016) opgesteld om de milieugevolgen van het project A27/A12 Ring Utrecht in beeld te brengen. Door vernietiging van het Tracébesluit dient het MER op een aantal onderdelen te worden geactualiseerd. Door de actualisatie is het mogelijk de nieuwste (gewijzigde) inzichten mee te nemen over de 5 mogelijke bouwmethoden bij de verdiepte ligging. In deze samenvatting van de actualisatie van het MER leest u:

- waar de actualisatie betrekking op heeft;
- wat de voorkeurs bouwmethode is (bemaling met schermwand);
- wat het doel is van het rapport;
- een toelichting op de bouwmethode bemaling met schermwand;
- de relevante randvoorwaarden uit de bestuurlijke stuurgroep;
- welke nieuwe inzichten zijn opgedaan;
- de milieueffecten van de bouwmethode bemaling met schermwand in vergelijking tot de referentiesituatie;
- de mitigerende maatregelen.

Waar heeft de actualisatie betrekking op

De actualisatie heeft betrekking op de schermwand rond de verdiepte ligging met folie- en bakconstructie. Door toepassing van een schermwand rondom de folie- en bakconstructie ontstaat een polderconstructie, waarmee de A27 binnen de polderconstructie verbreed kan worden. Een bovenaanzicht van de schermwand is in afbeelding 0.1 opgenomen. De schermwand is circa 3,7 km lang en wordt geheel gesloten uitgevoerd.

Afbeelding 0.1 Bovenaanzicht schermwand (rode contour) en ligging overkapping (witte vlak)



Keuze voorkeurs bouwmethode (bemaling met schermwand)

In de periode 2016-2019 hebben nadere onderzoeken plaatsgevonden naar de 5 bouwmethoden. Deze onderzoeken bestonden uit risicoanalyses, nadere technische uitwerking van bouwmethoden, analyse van omgevingseffecten en praktijkonderzoek zoals aanvullend grondonderzoek en een grootschalige pompproef met bemalen. Het resultaat was een integraal overzicht van de 5 bouwmethoden en de daar aan gerelateerde technische risico's (toepasbaarheid, maakbaarheid, faalmechanismen en beheersmaatregelen) en risico's op omgevingseffecten (omgevingsbeïnvloeding en beheersmaatregelen).

Uit de beoordeling van de risicoprofielen blijkt dat de bouwmethode (retour)bemaling met schermwand het laagste risicoprofiel heeft ten opzichte van de 4 andere bouwmethoden en is daarom gekozen als voorkeursmethode.

Doel van het rapport

Dit deelrapport van de MER-actualisatie beschrijft de milieueffecten van de voorkeursbouwmethode 'bemaling' met schermwand. Het resultaat is een beschrijving van de milieueffecten voor de volgende situaties:

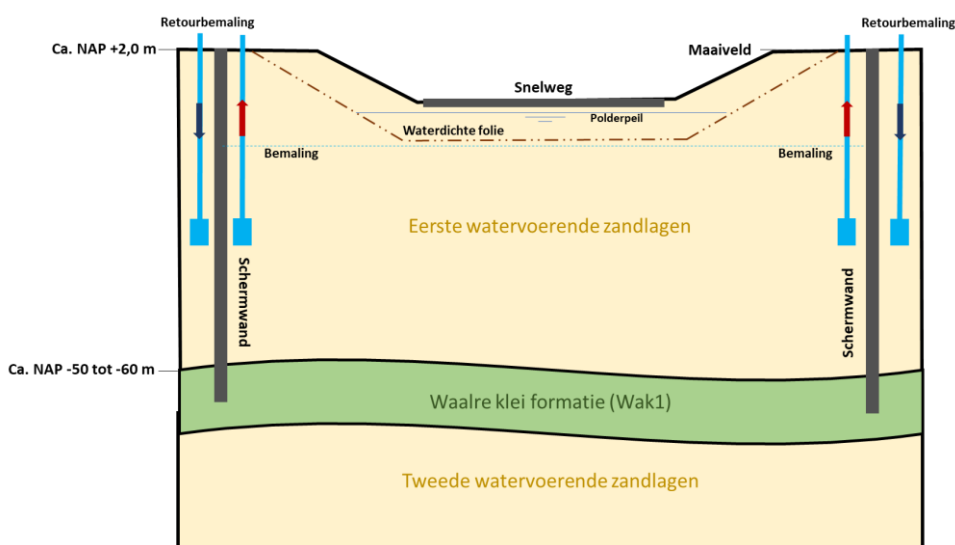
- na realisatie, de gebruiksfase. Dit is de eindsituatie na realisatie wegverbreding in verdiepte ligging met schermwand;
- de realisatiefase:
 - aanleg schermwand (aanbrengen van het scherm);
 - wegverbreding in verdiepte ligging met schermwand (bemaling van de polder).

Toelichting bouwmethode schermwand met bemaling

Een schermwand is een waterremmende constructie die tot grote diepte rond het werk wordt aangebracht. De wand zal uit verschillende secties met andere eigenschappen bestaan. De schermwand dient dan te worden aangebracht tot in de waterremmende laag op circa 65 á 70 meter diepte.

Eerst wordt een 3,7 km lange schermwand aangelegd met behulp van freesmachines. Na circa 15 maanden is de schermwand gesloten en gereed. Tijdens de aanleg van de schermwand is geen grondwateronttrekking nodig. Voor het benodigde (werk)water wordt drinkwater gebruikt, afkomstig van het drinkwaterleidingnet van Vitens. Na het gereed komen van de schermwand kan de realisatie van de wegverbreding starten. Voor de realisatie van de wegverbreding wordt middels een bemaling binnen de schermwanden een tijdelijke polder gecreëerd met een grondwaterstand van NAP- 6 m, zie afbeelding 0.2.

Afbeelding 0.2 Doorsnede met bemalingsput- en retourput ter hoogte van de folieconstructie



Hiervoor wordt de grondwaterstand binnen de tijdelijke polder met 6,5 meter verlaagd gedurende circa 18 maanden. De grondwaterstandsverlaging in de polder heeft ondanks de schermwand een uitstraling naar de omgeving (vanwege lekkage door schermwand en door de Waalreklei formatie (WAK1)). Het onttrokken grondwater kan vanwege de waterkwaliteit niet worden geloosd op het oppervlaktewater. Vanwege bovenstaande twee redenen is gekozen voor een 100 % retourbemaling. De retourputten worden eveneens geplaatst in het eerste watervoerend zandpakket binnen de TB-grens en binnen de werkgrenzen.

In de eindsituatie wordt de tijdelijke polder opgeheven, er vindt dan geen (retour)bemaling meer plaats. In de eindsituatie blijft de schermwand over de volledige 3,7 km in de bodem.

Effectenbeoordeling

De milieueffecten van de bouwmethode bemaling met schermwand zijn uitgewerkt voor de bouwfase (aanleg schermwand, realisatie wegverbreding in de verdiepte ligging) en de gebruiksfase (eindsituatie) na

gereed komen van de werkzaamheden. In dit rapport zijn alleen voor de schermwand relevante milieueffecten nader uitgewerkt. De effecten van de schermwand zijn berekend en beoordeeld aan de hand van de criteria uit de beoordelingskaders. De beoordeling op de criteria is gedaan ten opzichte van de referentiesituatie. Tabel 0.1 geeft een overzicht van de wijze van beoordelen.

Tabel 0.1 Beoordelingsschaal

	Score				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
Oordeel ten opzichte van de huidige situatie	++	+	0	-	--

Randvoorwaarden BSG

In samenspraak met de Bestuurlijke Stuurgroep (BSG) waarin de directe omgevingspartijen (gemeente Utrecht en Hoogheemraadschap van De Stichtse Rijnlanden zijn vertegenwoordigd) zijn eisen en randvoorwaarden opgesteld om de uitvoering beheerst te laten verlopen en om potentieel negatieve effecten op de omgeving te voorkomen. De in de BSG vastgestelde bestuurlijke randvoorwaarden zijn van toepassing op alle mogelijke bouwmethoden en worden als eis opgenomen in het contract voor de realisatie van de verbreding. De relevante randvoorwaarden in relatie tot de schermwand zijn vervolgens nader gespecificeerd voor een aantal aspecten zoals grondwater in relatie tot waardevol groen (landgoed Amelisweerd), licht en geluid (omwonenden en natuur) en bouwlogistiek.

Nieuwste inzichten

Een beter inzicht in de bodemopbouw is verkregen door een in 2018 uitgevoerde pompproef, nader (veld)onderzoek in 2019 naar het voorkomen van de slecht doorlatende afzettingen van de Waalrelei Formatie (WAK1) op circa 65 m-mv, en de analyse van de calamiteiten onttrekking ter plaatse van waterproductielocatie Cornelis Biemond te Nieuwegein door Waternet in 2019.

Deze nieuwe inzichten zijn verwerkt in een ondergrondmodel, die de basis vormde voor de ontwikkeling van een modelinstrumentarium voor de berekening van de huidige (referentie)situatie alsmede van de hydrologische effecten als gevolg van de bouwvariant met schermwanden. Op basis van monitoring van grondwaterstanden is actueel inzicht verkregen in het grondwaterregime (incl. droge zomers van 2018 en 2019). Een beter inzicht in de huidige vitaliteit van de bomen in Amelisweerd is verkregen door een in 2018/2019 uitgevoerd onderzoek.

Milieueffecten van de schermwand voor de eindsituatie

De milieueffecten van de schermwand zoals deze in de eindsituatie (gebruiksfase) optreden zijn in dit rapport geïnventariseerd. In tabel 0.2 is de effectbeoordeling voor de eindsituatie overzichtelijk gepresenteerd.

Tabel 0.2 Overzichtstabel effectbeoordeling eindsituatie schermwand

Milieuaspect / criteria	Score	
	Voor mitigatie	Na mitigatie
(Bouw)verkeer / doorstroming	nvt	nvt
Geluid / geluidsbelasting omgeving	nvt	nvt
Luchtkwaliteit / jaargemiddelde concentratie NO ₂ , PM ₁₀ en PM _{2,5}	nvt	nvt
Water		nvt
Grondwaterkwantiteit:		nvt
- grondwatereffect	0	
- zettingen	0	
- ontwatering	0	
- landbouw	0	
Grondwaterbeschermingsgebieden	0	nvt
Waterhuishouding / doorsnijding	0	nvt
Natuur /		nvt
Beschermde gebieden	0	nvt
Bos en stedelijk groen (Bos Amelisweerd, Lunetten incl. Park De Koppel)	-	0
Beschermde fauna	0	nvt
Bodem /		nvt
Beïnvloeding bodemkwaliteit	0	nvt
Beïnvloeding WKO-systemen	0	nvt
Ruimtelijke kwaliteit / ruimtebeslag	0	nvt
Landschap en cultuurhistorie / verandering openheid en zichtlijnen	0	nvt
Archeologie / beïnvloeding archeologische verwachtingswaarden	0	nvt
Duurzaamheid	nvt	nvt

Milieueffecten van de schermwand voor de bouwfase

De milieueffecten van de schermwand zoals deze in de bouwfase optreden zijn in dit rapport geïnventariseerd. In tabel 0.3 is de effectbeoordeling overzichtelijk gepresenteerd.

Tabel 0.3 Overzichtstabel effectbeoordeling bouwfase schermwand

Milieuaspect / criteria	Score	
	Voor mitigatie	Na mitigatie
(Bouw)verkeer / doorstroming	-	-
Geluid / geluidsbelasting omgeving	-	0
Luchtkwaliteit / jaargemiddelde concentratie NO ₂ , PM ₁₀ en PM _{2,5}	0	nvt
Water		
Grondwaterkwantiteit:		
- grondwatereffect	0	nvt
- zettingen	0	nvt
- ontwatering	0	nvt
- landbouw	0	nvt
Grondwaterbeschermingsgebieden	0	nvt
Waterhuishouding / doorsnijding	0	nvt
Natuur /		
Beschermde gebieden	-	0
Bos en stedelijk groen (Bos Amelisweerd, Lunetten incl. Park De Koppel)	-	0
Beschermde fauna	0*	0*
Bodem /		
Beïnvloeding bodemkwaliteit	0	nvt
Beïnvloeding WKO-systemen	0	nvt
Ruimtelijke kwaliteit / ruimtebeslag	0	nvt
Landschap en cultuurhistorie / verandering openheid en zichtlijnen	0	nvt
Archeologie / beïnvloeding archeologische verwachtingswaarden	--	0
Duurzaamheid	-- **	-- **

* Nader onderzoek zal uitwijzen of voor ringslang en grote modderkruiper sprake is van significante verstoring. Dit onderzoek zal door toekomstig aannemer worden uitgevoerd

** Tijdens de aanbestedings- en realisatiefase zal er speciale aandacht worden besteed aan de kansen voor het aspect duurzaamheid (voor het gehele project), onder andere bij de toepassing van de gunningscriteria.

Mitigerende maatregelen

De volgende mitigerende maatregelen zijn nodig:

- hand aan de kraan -principe door optimale verdeling retourdebiet op de retourputten over de verschillende retourvelden. Sturing op boven- en ondergrenzen van het grondwaterregime;
- geluidsbeperkende maatregelen voor omwonenden en natuur;
- aanpassing van de spectrale compositie en de reikwijdte van de verlichting voor de natuur.

Hand aan de kraan-principe

In dit rapport wordt een uitwerking gepresenteerd van een bemalingsvariant met retourbemaling en met een schermwand. Hiervoor zijn specifieke keuzes gemaakt, nader uitgewerkt en gepresenteerd met als uitgangspunt om de omgevingseffecten te beperken. Bij de (retour)bemaling ontstaat er de mogelijkheid om nauwkeurig te sturen waar het onttrokken grondwater in de bodem geretourneerd wordt. Door tijdens de uitvoering van het project de omgevingsbeïnvloeding nauwgezet te volgen, kan 'met de hand op de kraan' bepaald worden waar meer of minder grondwater in de bodem wordt teruggeleid. Zo kan de omgevingsbeïnvloeding nog verder worden teruggebracht als nu ontworpen is en kan actief worden ingegrepen, bv. door meer water te retourneren dichtbij Amelisweerd in droge zomers.

Bij een retourbemaling wordt het opgepompte grondwater in de nabijheid weer in de bodem teruggebracht. Bij een bemaling wordt middels een aantal verticale grondwaterputten het grondwater onttrokken. Het onttrokken grondwater uit deze deepwells wordt verzameld in een transportleiding die het vervolgens het grondwater richting de retourvelden transporteert, waar het weer in de bodem wordt geïnfiltreerd. Om de omgevingseffecten zo veel mogelijk te beperken worden de retourputten ruimtelijk rondom de bemaling gesitueerd, zowel aan de oost, zuid, west- en noordzijde.

Middels een verdeler op de transportleiding (en de aftakkingen) kan gestuurd worden hoeveel water in elke put wordt geïnfiltreerd. Als uit monitoring van de grondwaterstanden blijkt dat bijsturing nodig is, dan is dat eenvoudig te regelen. Dit wordt het Hand aan de kraan-principe genoemd. Elke gewenste verdeling kan eenvoudig worden ingeregeld, eventueel kunnen ook nog diepere zandlagen worden gebruikt om grondwater in te infiltreren.

Het Hand aan de kraan-principe biedt ook mogelijkheden om real-time op grondwaterstanden te sturen bij actuele meteorologische omstandigheden, bijvoorbeeld bij droogte (actief peilbeheer op basis van monitoring). Zo kan het systeem zelfs ingezet worden om exogene negatieve effecten te verzachten gedurende de realisatiefase. Dit staat echter los van de mitigatie van de hydrologische effecten als gevolg van de schermwand.

Monitoring

Monitoring vraagt om een systematische en strategische aanpak. Er zal een plan monitoringsvisie worden opgesteld worden. In betreffend document wordt een raamwerk en kader uitgewerkt op welke wijze de omgevingseffecten het best gemonitord kunnen worden.

Om de grondwatereffecten van de ingreep goed te kunnen monitoren en om de gedefinieerde boven- en ondergrenswaardes goed te kunnen bewaken wordt het huidige grondwatermeetnet uitgebreid met waarnemingspunten in het freatische, eerste en tweede watervoerend pakket.

Ook wordt monitoring toegepast om de eventuele zettingen bij gebouwen te kunnen meten.

1

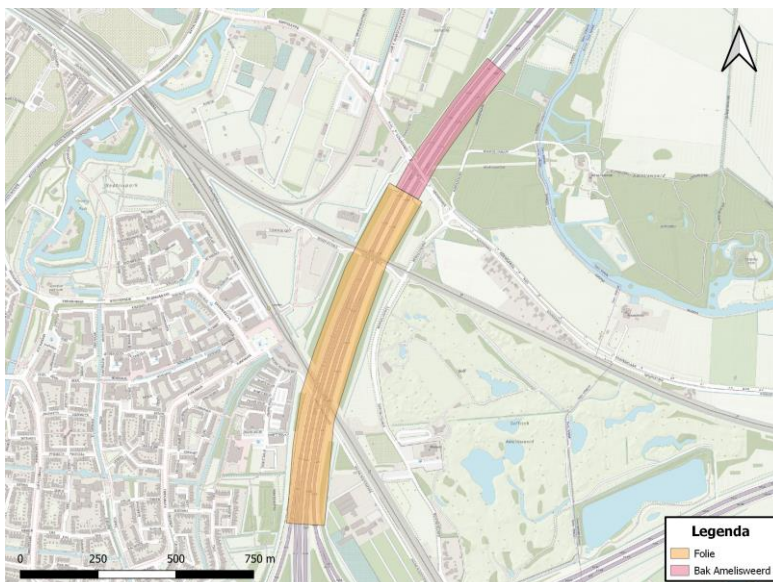
ACTUALISATIE MER A27/A12 RING UTRECHT

1.1 Voorgeschiedenis

In het MER A27/A12 Ring Utrecht Tweede Fase, Sweco (maart 2016), wordt in hoofdstuk 16 ingegaan op het bouwproces van het bouwen boven de folie (ter plaatse van de verdiepte ligging). De verdiepte ligging van de A27 tussen knooppunt Lunetten en knooppunt Rijnsweerd is hierin een bijzonder aandachtspunt. Door de verdiepte ligging ligt de weg onder het niveau van het grondwater. Een verdiepte ligging zonder waterkerende voorziening is niet mogelijk omdat de A27 anders onder water zou lopen. Bij aanleg van de (verdiepte) ligging van de A27 tussen de knooppunten Lunetten en Rijnsweerd is destijds gekozen voor een waterkerende folie die een minipolder creëert voor de A27. Omdat een dergelijke constructie relatief veel ruimte in beslag neemt, is ter hoogte van het bos Amelisweerd gekozen voor een betonnen kunstwerk (bak). De betonnen bak en folie zijn aan elkaar verbonden om het opwellen van grondwater op dit grensvlak te voorkomen.

De ligging en omvang van het folie vormt een randvoorwaarde voor de verbreding van de A27; deze dient plaats te vinden binnen de 'foliepolder' en vormt daarmee een technische uitdaging punt voor de bouw. Uitgangspunt bij alle bouwwijzen was derhalve dat de folie onaangetast op zijn plaats blijft liggen. De ligging van de folie is aangegeven in afbeelding 1.1.

Afbeelding 1.1 Ligging folie en betonnen bak



Bij de verbreding van de weg binnen de foliepolder bestaat het risico dat de folie stuk gaat tijdens de werkzaamheden. Dat zou ertoe leiden dat de A27 tijdelijk onder water komt te staan. Om het risico van het falen van de folie te voorkomen is uitgebreid onderzoek verricht naar mogelijke bouwmethoden en de

mogelijkheden daarin om de risico's van het bouwen binnen de folie te beperken. In essentie zijn er twee principes om het scheuren van de folie gedurende de bouw te voorkomen:

- 1 borging van voldoende dekking/gewicht boven de folie zodat openbarsten wordt voorkomen;
- 2 wegpompen van grondwater onder de folie om de druk van onderaf weg te nemen.

Vijf bouwmethodes zijn onderzocht:

- wateropzetmethode (1^e principe);
- sleufmethode (1^e principe);
- persmethode (1^e principe);
- groutmethode (1^e principe);
- methode met tijdelijke verlaging van de grondwaterdruk (bemaling) (2^e principe).

Het MER biedt de ruimte voor de uitvoering van deze 5 bouwmethoden.

1.2 Aanleiding

De noodzaak om een nieuw Tracébesluit (TB) op te stellen ten gevolge van de vernietiging van het TB2016 en TB 2018 (Raad van State, 17 juli 2019) was de directe aanleiding om de reeds opgestelde MER te actualiseren. Daarnaast is het nu mogelijk bij deze actualisatie de nieuwste (gewijzigde) inzichten en gegevens mee te nemen. Bij de verbreding van de weg binnen de foliepolder bestaat het risico dat de folie beschadigd raakt tijdens de werkzaamheden. Dat zou ertoe kunnen leiden dat de A27 tijdelijk onder water komt te staan. Om het risico van het falen van de folie te voorkomen is van 2016 t/m 2020 uitgebreid onderzoek verricht naar de 5 bouwmethoden. Dit onderzoek heeft geleid tot inzichten in de nadere risico's van de 5 bouwmethoden.

Voor de verbreding ter plaatse van de verdiepte ligging A27 ten zuiden van de Koningsweg (binnen de foliepolder(s)) blijkt de bouwmethode met tijdelijke grondwaterstandsverlaging de methode met het laagste risicoprofiel (zie nadere toelichting in hoofdstuk 2 en 3). Om de (omgevings)effecten beheersbaar te maken is een schermwand nodig rond de foliepolder en bakconstructie. Een schermwand is waterremmende constructie die tot grote diepte rond het werk wordt aangebracht. De wand zal uit verschillende secties met andere eigenschappen bestaan. De schermwand dient dan te worden aangebracht tot in de waterremmende laag op circa 65 á 70 meter diepte. Binnen de schermwanden wordt middels een bemaling met meerdere onttrekkingsputten een tijdelijke polder gecreëerd met een lagere grondwaterstand. Door de aanwezigheid van de schermwand zal de grondwaterstand in de omgeving (buiten de schermwanden) veel minder beïnvloed worden door de grondwaterstandverlaging in de bouwfase. Hierdoor neemt het risico op omgevingseffecten naar verwachting af tot aanvaardbaar restrisico. Dat wordt in dit rapport nader toegelicht en onderbouwd.

In het kader van de actualisatie van het MER is het nodig dat de bouwmethode met bemaling nader wordt uitgewerkt met de variant binnen deze methode, bestaande uit het gebruik van een schermwand, zodat inzicht wordt verkregen in de milieueffecten.

1.3 Doel dit rapport

Ten behoeve van het TB-2020 wordt een MER-actualisatie opgesteld. Dit deelrapport van de MER-actualisatie beschrijft de milieueffecten van de bouwmethode 'bemaling' met de schermwand. Het resultaat is een beschrijving van de milieueffecten voor de volgende situaties:

- na realisatie, de gebruiksfase. Dit is de eindsituatie na realisatie wegverbreding in verdiepte ligging met schermwand;
- de realisatiefase:
 - aanleg schermwand (aanbrengen van het scherm);
 - wegverbreding in verdiepte ligging met schermwand (bemaling van de polder).

1.4 Verwerking advies Commissie m.e.r.

Dit deelrapport is ter advisering voorgelegd aan de Commissie m.e.r. De Commissie geeft in haar advies van 23 juli 2020 aan dat het rapport helder is opgebouwd en voor veel onderwerpen gedetailleerde informatie bevat. De Commissie vindt dat het 'Deelrapport Bouwmethode bemalen met schermwand ter plaatse van verdiepte ligging A27' goed laat zien waarom de minister kiest voor de bouwmethode met een schermwand in de ondergrond en terugpompen van grondwater in de bodem. Op die manier kan het grondwaterpeil goed onder controle blijven. Ook maakt het deelrapport duidelijk waar archeologische waarden verwacht worden. De Commissie heeft geadviseerd om het deelrapport op een aantal punten nader aan te vullen.

Conform deze aanbevelingen is nader onderzoek gedaan en is het deelrapport verder aangevuld. Een uitgebreide reactie op de aanbevelingen van de Commissie is opgenomen in het hoofdrapport van de MER Actualisatie 2020.

1.5 Bestuurlijke randvoorwaarden

Voor het project Ring Utrecht is een Bestuurlijke Stuurgroep (BSG) ingericht waarin de directe omgevingspartijen bij de verdiepte ligging (gemeente Utrecht, gemeente De Bilt, gemeente Houten, gemeente Bunnik, gemeente Nieuwegein, provincie Utrecht, Rijkswaterstaat) zijn vertegenwoordigd. In samenspraak met de BSG en Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden zijn eisen en randvoorwaarden opgesteld om de uitvoering beheerst te laten verlopen en om potentieel negatieve effecten op de omgeving te voorkomen. De in de BSG vastgestelde bestuurlijke randvoorwaarden zijn van toepassing op alle mogelijke bouwmethoden en worden als eis opgenomen in het contract voor de realisatie van de verbreding.

In hoofdstuk 3 worden deze randvoorwaarden nader toegelicht. De randvoorwaarden vormen de input voor het beoordelingskader voor de beoordeling van de milieueffecten.

1.6 Wettelijk kader

Voor een project als de Ring Utrecht gelden tientallen wettelijke en beleidsmatige kaders. Een aantal daarvan is in grote mate bepalend voor de uitwerking van bouwmethode met bemaling. Daarnaast zijn ze bepalend voor de beoordelingscriteria op basis waarvan de bouwmethode wordt beoordeeld. De wettelijke kaders zijn reeds toegelicht in het MER rapport Tweede Fase.

1.7 Projectmatig kader

De effectbeschrijving heeft betrekking op de uitwerking van de bouwmethode met een tijdelijke bemaling voor de verbreding ter plaatse van de verdiepte ligging. De omgevingseffecten van deze bouwmethode worden gemitigeerd door het vooraf aanbrengen van een schermwand.

1.8 Voorkeursvariant verkeer

In juni 2014 heeft de minister de (verkeerskundige) voorkeursvariant voor de Ring Utrecht vastgesteld. De voorkeursvariant is nader uitgewerkt in het Ontwerp Tracébesluit (OTB) en het MER 2016. Andere verkeerstechnische oplossingen zijn in aanloop naar het vaststellen van de voorkeursvariant en het Ontwerp Tracébesluit onderzocht en afgefallen, vanwege tekort aan oplossend vermogen of deze bleken technisch niet maakbaar. De voorkeursvariant is de basis voor het nieuwe Tracébesluit.

Dit geactualiseerde MER beschrijft de 5 bouwmethoden uit het OTB en MER 2016, de nadere uitwerking van de technische risico's van deze methoden in de periode 2016 - 2020 en de keuze voor de voorkeursbouwmethode en de milieueffecten van deze bouwmethode.

1.9 Thema stikstofdepositie

In het Tracébesluit 2020 worden de stikstofeffecten van het totale project in beeld gebracht voor zowel de aanlegfase als in de eindsituatie. Er wordt een passende beoordeling conform de Wet Natuurbescherming uitgevoerd en eventuele mitigerende en compenserende maatregelen zullen in het besluit worden opgenomen. Het thema stikstof wordt beschreven in het overkoepelende MER A27/A12 Ring Utrecht en is daarmee geen onderdeel van dit specifieke deelrapport van het MER over de beoogde bouwmethode in de verdiepte ligging van de A27.

1.10 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt een samenvatting gegeven van de 5 bouwmethoden uit het MER 2016. Vervolgens worden in hoofdstuk 3 de technische risicoprofielen gepresenteerd en de referentievariant (voorkeursmethode) aangegeven. In hoofdstuk 4 wordt daarna een nadere uitwerking gegeven van de voorkeursmethode bemaling met schermwand. In hoofdstuk 5 volgt de beschrijving van het beoordelingskader. Hoofdstuk 6 presenteert de nieuwste gegevens en inzichten en de referentiesituatie. Vervolgens worden in de hoofdstukken 7 en 8 de milieueffecten beschreven van de beschouwde projectfasen. De mogelijkheden voor optimalisatie van de bouwmethode met schermwand is in hoofdstuk 9 opgenomen. Het voorstel voor monitoring wordt in hoofdstuk 10 gepresenteerd. In hoofdstuk 11 zijn de referenties vermeld. Tot slot zijn de begrippen in hoofdstuk 12 gepresenteerd.

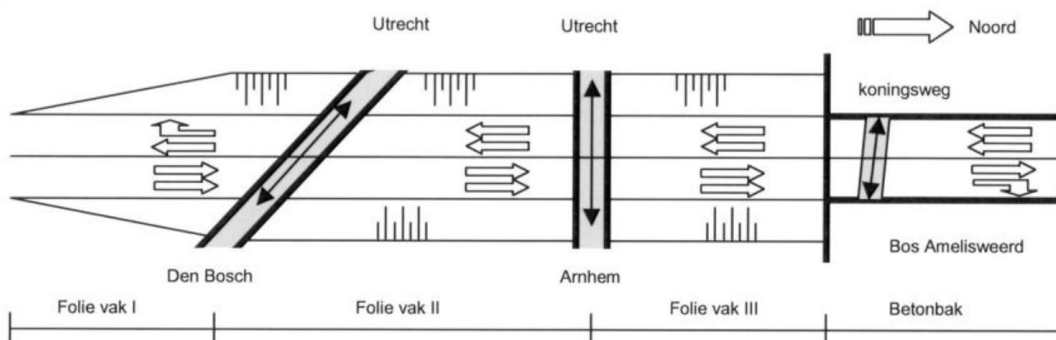
2

BOUWMETHODEN VERDIEPTE LIGGING ZOALS BESCHOUWD IN HET MER 2016

2.1 De huidige situatie: de folie

Tussen Knooppunt Lunetten en knooppunt Rijnsweerd is de A27 verdiept, onder het niveau van de huidige grondwaterstand aangelegd. Zonder aanvullende voorzieningen zou de A27 hier onder water lopen. Daarom is, bij de aanleg van de weg in 1983 een folielaag (folie) aangebracht. Deze folie houdt het grondwater tegen. Boven op de folie is zand aangebracht dat als fundament van de weg dient. Het gewicht van het zand en de weg boven op het folie geeft tegendruk tegen de opwaartse druk van het grondwater. Bij een verbreding van de A27 moet deze functie in stand gehouden worden. Een deel van de verdiepte ligging bestaat uit een foliepolder, welke is opgedeeld in de folievakken I, II en III (zie afbeelding 2.1).

Afbeelding 2.1 Ligging folie en betonnen bak



Ter plaatse van de aansluiting van de folievakken met de spoorkruisingen Utrecht-Den Bosch en Utrecht-Arnhem alsmede ter plaatse van de aansluiting met de betonnen bak zijn klemconstructies aangebracht (zie afbeelding 2.2).

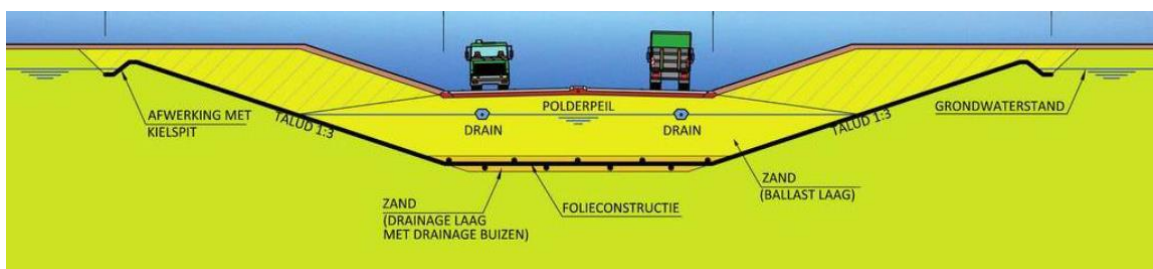
In de huidige situatie zijn drie folieconstructies (folievakken I t/m III) aanwezig (zie afbeelding 2.1). Het betreft een PVC-folie met een dikte van 0,8 mm. In afbeelding 2.3 is een principeddoorsnede van een folieconstructie weergegeven, zoals deze globaal ook bij de verdiepte ligging van de A27 is toegepast. In de verdiepte ligging zijn echter geen drains onder de folieconstructie aangebracht vanwege de goede doorlatendheid van de bestaande zandlaag. De geometrie, zoals afmetingen, taludhellingen en diepteligging verschilt in de verdiepte ligging per polderdeel. In de maatgevende snede is de folie aangebracht op NAP - 11,4 m, is de grondwaterstand buiten de folie NAP+1,0 m, het polderpeil binnen de folie NAP -5,8 m en ligt de onderkant van de wegconstructie op NAP -4,2 m.

Afbeelding 2.2 Overzicht ligging klemconstructies



De foliepolder is aangelegd door middel van een natte ontgraving met flauwe taluds. De folie is met drijvers over het wateroppervlak uitgespreid en vervolgens afgezonken

Afbeelding 2.3 Principedoorsnede (dwarsdoorsnede) foliepolder



Bij de verbreding van de weg binnen de foliepolder bestaat het risico dat de folie beschadigd raakt tijdens de werkzaamheden. Dat zou ertoe kunnen leiden dat de A27 tijdelijk onder water komt te staan. Om het risico van het falen van de folie te voorkomen is uitgebreid onderzoek verricht naar mogelijke bouwmethoden en de mogelijkheden daarin om de risico's van het bouwen binnen de folie te beperken. In essentie zijn er twee principes om het scheuren van de folie gedurende de bouw te voorkomen:

- 1 borging van voldoende dekking/gewicht boven de folie zodat openbarsten wordt voorkomen;

2 wegpompen van grondwater onder de folie om de druk van onderaf weg te nemen.

2.2 De 5 bouwmethoden

De vijf bouwmethoden van het OTB 2016 en het MER 2016 zijn nader uitgewerkt, te weten:

- wateropzetmethode (1^e principe);
- sleufmethode (1^e principe);
- persmethode (1^e principe);
- groutmethode (1^e principe);
- methode met tijdelijke verlaging van de grondwaterdruk (bemaling) (2^e principe).

In de volgende paragrafen worden de bouwmethoden beschreven.

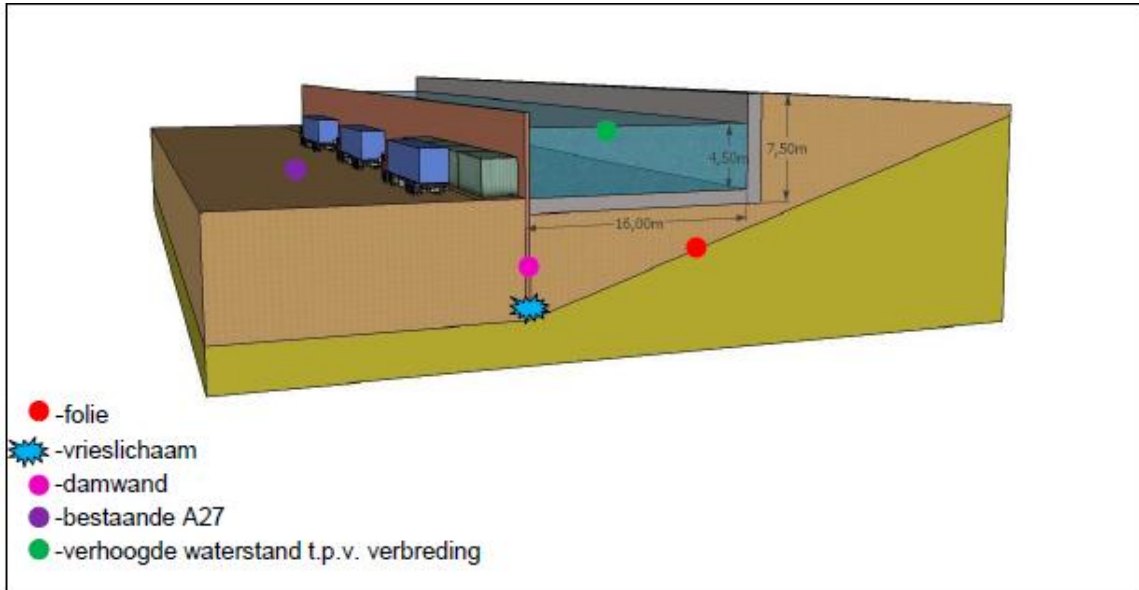
2.3 Methode 1: Wateropzetmethode

Het aanleggen van de verbreding op de locatie van de huidige taluds zal voor een groot deel ten koste gaan van de gronddekking op de folie. Deze gronddekking is nodig om het verticaal evenwicht van de folie te waarborgen. Zodat de folie niet omhoog wordt geduwd door het grondwater wat er onder zit. Bij de wateropzetmethode worden de taluds onder water gezet, zodat natte grond ontgraven kan worden, waarbij het gewicht van het water de folie op zijn plaats houdt (net als bij de aanleg van de folie in 1983). Omdat het wegverkeer op de A27 tijdens de bouwwerkzaamheden niet kan worden gestremd, kan de foliepolder niet geheel onder water worden gezet, maar wordt het onderwater zetten beperkt tot de taluds (waar de uitbreiding plaats vindt). Om dit te realiseren wordt direct naast de bestaande A27 een damwand geplaatst tot net boven de folie om het niet te beschadigen. De spleet tussen de damwand en de folie wordt door middel van vriestechnieken waterdicht gemaakt. In afbeelding 2.4 is het principe van de wateropzetmethode weergegeven. Na het ontgraven van de taluds (onder water), wordt een betonnen keerwand gerealiseerd (ook onder water). Deze betonnen keerwand is net zo zwaar als alle weggehaalde grond en verzorgt zo het verticaal evenwicht in de eindfase. Het vriezen kan opgeheven worden als de keerwand is aangebracht.

Ervaring met de wateropzetmethode

De wateropzetmethode is een combinatie van beproefde methoden. Met andere woorden de onderdelen waaruit deze bouwmethode bestaat zijn niet nieuw. Maar de wateropzetmethode in combinatie met deze situatie, met de folie en het verkeer dicht naast de bouwkuip zijn wel nieuw.

Afbeelding 2.4 Principe wateropzetsmethode met verhoogde waterstand

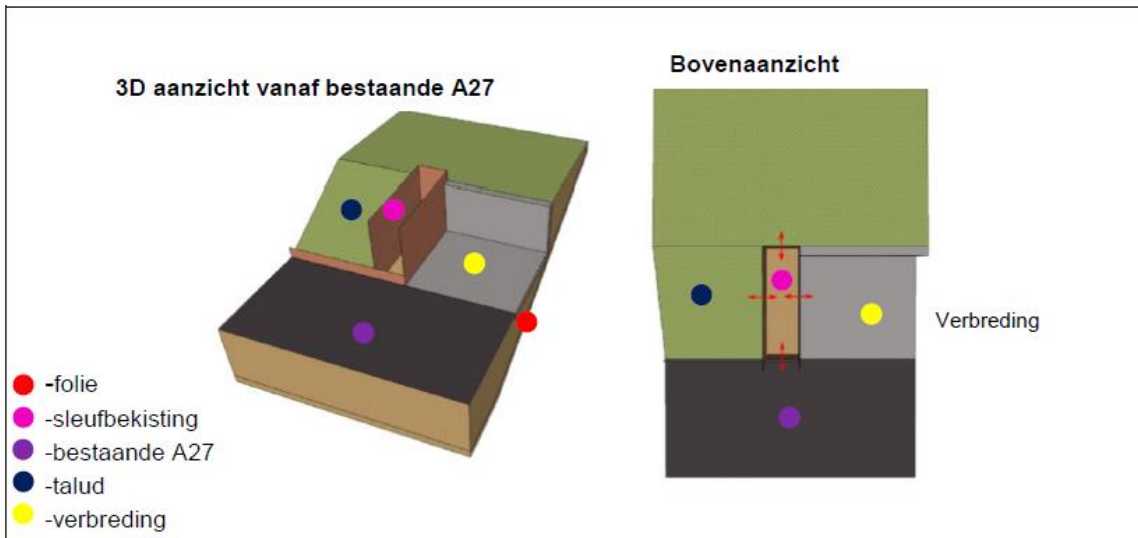


2.4 Methode 2: Sleufmethode

De sleufmethode is gebaseerd op het principe dat als je maar een heel klein beetje grond boven de folie weghaalt de overblijvende grond er omheen nog sterk genoeg is om de kracht van de folie (door de druk van het grondwater) die op die ene plek omhoog wil tegen te houden. Die kracht heet 3-dimensionale spanningsverspreiding of boogwerking en is met modellen nauwkeurig te berekenen. Hierdoor kan gecontroleerd droog worden ontgraven binnen een smalle sleufbekisting in stapjes met een breedte van circa 1 meter. Direct na elke ontgravingslag wordt een L-vormig keerelement met dezelfde breedte geplaatst dat net zo zwaar is als de weggehaalde grond en die het evenwicht weer herstelt.

Ervaring met de sleufmethode

Het principe van de sleufmethode is niet nieuw. Er worden bijvoorbeeld binnen een bouwkuip vaak lokale sleuven ontgraven, zonder dat de bouwkuipbodem opbarst. De combinatie met de folieconstructie en de hoeveelheid naast elkaar gelegen sleuven is bij deze bouwmethode wel nieuw.



2.5 Methode 3: Persmethode

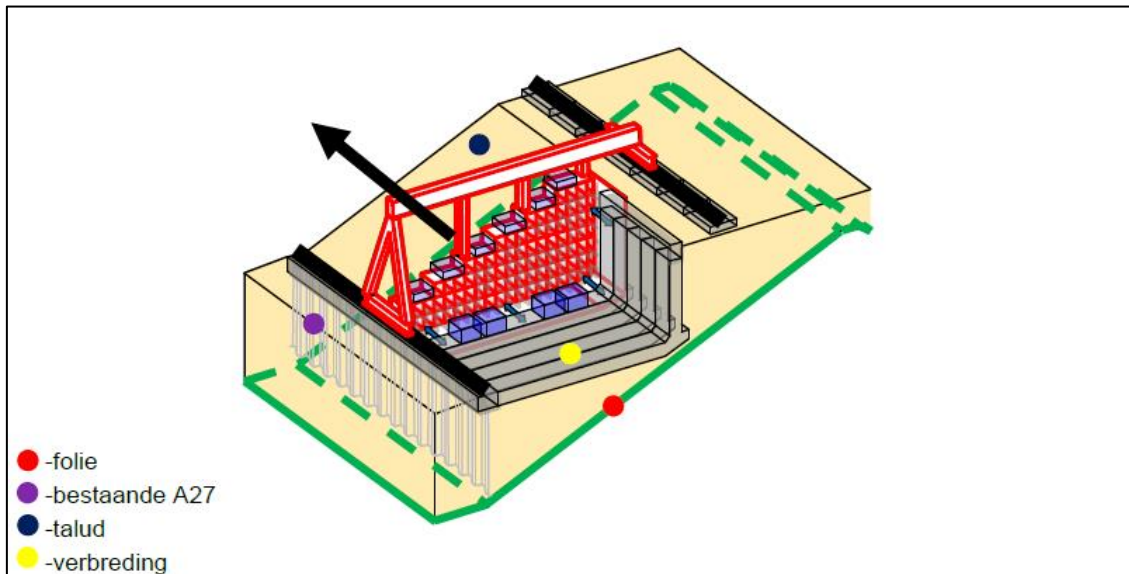
Met de persmethode is het mogelijk om grond weg te halen en direct het evenwicht te herstellen. Daardoor kun je de folie dichter naderen dan met de sleufmethode. De benodigde tegendruk op de folie wordt tijdens ontgraven gewaarborgd door een persconstructie. Er is geen 3D spreiding in de ondergrond nodig en de ontgraving vindt, anders dan bij de wateropzet- en sleufmethode, niet van bovenaf, maar van opzij plaats (evenwijdig aan de A27).

De persmethode is afgeleid van de bouwmethode van een perstunnel (bijvoorbeeld een kleine fietstunnel of duiker). Daarbij wordt op de voorzijde van een betonnen tunneldeel een zogenaamde 'patatsnijder' gemonteerd waarmee de hele tunnel door de grond wordt gedrukt en waarachter de grond kan worden afgevoerd. Met een vijzelconstructie wordt de gehele tunnel stapje voor stapje door een weglichaam of spoordijk geperst. Er zijn in Nederland perstunnels (formaat fietstunnel) uitgevoerd tot een lengte van circa 60 meter. De persmethode voor dit project werkt in essentie hetzelfde, met als belangrijk verschil dat door de open bovenzijde (er hoeft immers geen tunnel maar alleen een keerwand te worden gemaakt) niet hoeft te worden gewerkt vanuit een gesloten (en van buitenaf moeilijk bereikbare) tunneldoorsnede. Hierdoor kan na elke vijzelslag relatief eenvoudig een prefab keerwandelement op de plaats van de vijzels worden aangebracht, zodat de werklengte telkens slechts enkele meters is.

Ervaring met de persmethode

De persmethode is gebaseerd op het principe van een pers- of trektunnel. Met deze techniek is ervaring opgedaan bij de bouw van kleinere fietstunnels en duikers. Het persen evenwijdig aan het talud en de combinatie met de folieconstructie maakt dat voor deze methode een aparte nieuwe machine ontwikkeld moet worden.

Afbeelding 2.6 Principe persmethode, de 'patatsnijder' is in rood weergegeven



2.6 Methode 4: Groutmethode

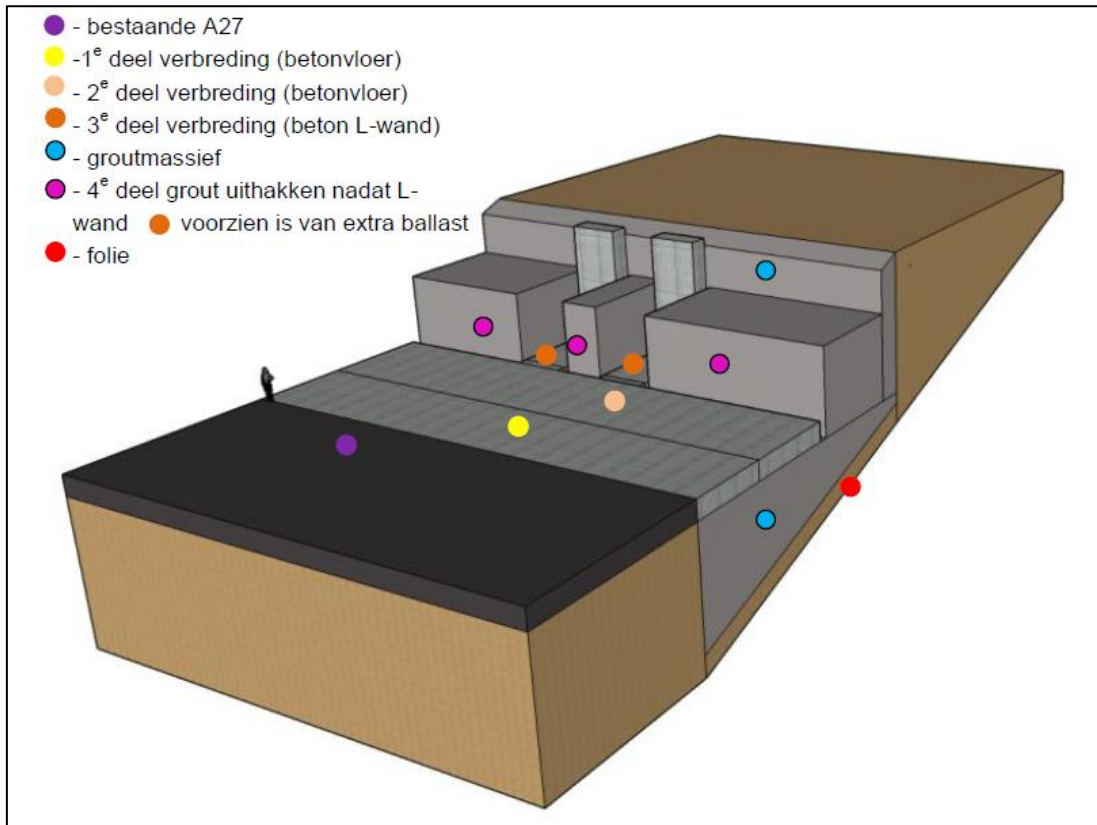
Grout is een mengsel van cement en water. Door grout in de bodem te injecteren en met grond te mengen ontstaan er na het opdrogen zogenaamde groutkolommen. Als men meerdere groutkolommen naast elkaar plaatst, ontstaat er een volledige muur in de grond. Door meerdere 'muren' naast elkaar te maken kan een gebied als het ware 'versteend' worden.

De groutmethode verstevigt de grond zodat net als bij de sleufmethode kleine ontgravingen kunnen worden gedaan zonder dat de folie naar boven komt omdat de omliggende grond stevig genoeg is om dat te voorkomen. Bij de groutmethode is die dus nog steviger dan bij de sleufmethode. De grond in de taluds naast de huidige A27 wordt gemengd met grout, zodanig dat er iets boven de folie één groot groutmassief ('verstening') ontstaat. Het 'versteende' talud wordt in verschillende kleine delen uitgehakt, waarna er delen van de toekomstige L-wand worden gestort.

Ervaring met de groutmethode

Grout is een materiaal wat meerdere toepassingen kent in de civiele techniek. Het 'verstenen' van een heel talud en later uithakken binnen een foliepolder is een nieuwe toepassing van deze techniek

Afbeelding 2.7 Principe groutmethode Uitvoeringswijze groutmethode 3D aanzicht vanaf bestaande A27



2.7 Methode 5: Bemalingsmethode

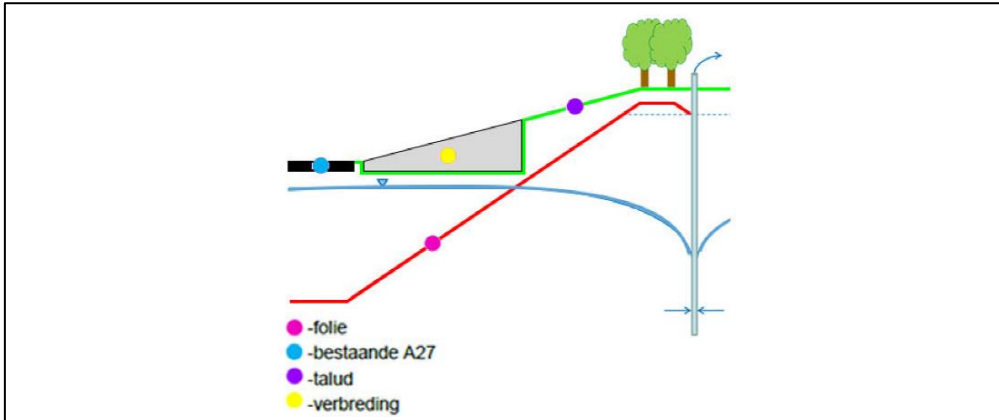
2.7.1 Beschrijving methode

Bij deze methode wordt met tijdelijke en lokale bemaling het grondwaterpeil onder de folie lokaal verlaagd tot iets onder het ontgravingsniveau van de uitbreiding van de A27. Hiermee is het mogelijk om de grond op de folie weg te halen, zonder risico dat de folie opbarst. Direct nadat het L-vormige betonelement van de verbreding is gerealiseerd, wordt de lokale verlaging van het grondwaterpeil weer opgeheven. De tijdelijke en lokale verlaging van het grondwaterpeil volgt de werkzaamheden in de lengterichting van het tracé door nauwkeurige in- en uitschakeling van de bemaling.

Ervaring met bemalingen

Met deze bouwmethode is zeer veel ervaring opgedaan.

Afbeelding 2.8 Principe bemalingmethode



Door de forse benodigde verlaging van de grondwaterstand (ca. 6 meter) is naar verwachting het omgevingseffect zeer groot. Het is daarom noodzakelijk om in vergelijking tot de 4 andere methoden in de volgende 2 paragrafen nader in te gaan op deze grote omgevingseffecten.

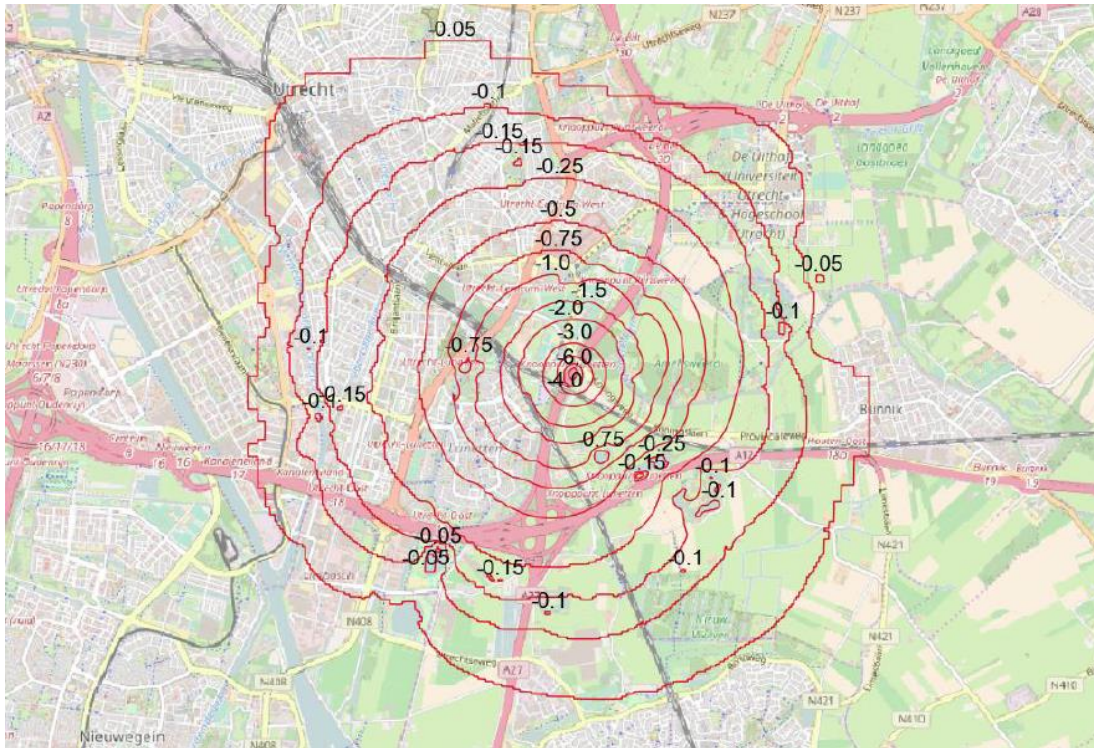
2.7.2 Grondwatereffect bemaling

Uitgangspunt is dat de bemaling wordt uitgevoerd met een groot aantal verticale bemalingsbuizen in langsrichting (evenwijdig met de A27). De verticale bemalingsbuizen dienen net buiten de folie te worden geboord, omdat anders de folie lek wordt geprikt. Het folievak wordt niet in zijn geheel bemalen, maar per werkvak. Dit werkvak heeft een minimale lengte van circa 100 meter. Op deze manier kan per sectie van circa 25 meter de betonnen L-wand worden aangelegd. Om bouwtechnische redenen (i.v.m. het storten van beton) is dit een aannemelijke fasering van het werk. De verbreding van één sectie van 25 meter zal naar schatting 3 à 4 weken duren.

Uit de analyse van de modelberekening volgt dat om over een lengte van circa 100 meter (op één zijde) een verlaging van de stijghoogte tot -6 m NAP onder de folie te bereiken, een onttrekkingsdebiet van circa 1.400 m³/uur benodigd is. Deze bemaling per werkvak heeft als voordeel dat de totale benodigde onttrekking (in m³/uur) per folievak fors kleiner is dan wanneer er over de gehele lengte van het folievak zou worden bemalen.

In afbeelding 2.9 zijn de berekende verlagingcontouren van de grondwaterstand als gevolg van de bemaling weergegeven. Hiervoor is uitgegaan van een werkvak lengte van 100 meter aan één zijde en een onttrekkingsdebiet van 1.400 m³/uur. De omgevingseffecten (tot 0,05 m verlaging) zijn merkbaar tot kilometers afstand van de bemaling. De infiltratie van waterlopen/waterpartijen is t.o.v. de geknikte grondwatercontouren in onderstaande afbeelding duidelijk te zien.

Afbeelding 2.9 Berekende grondwaterstandsverlaging (meters) bij een onttrekking van 1.400 m³/uur in folievak III



Uit bovenstaande afbeelding kan worden opgemaakt dat het invloedsgebied van de bemaling fors is. De grondwaterstandsverlaging (van 6 meter afnemend tot 5 cm) strekt zich uit tot ver buiten het projectgebied, en wel tot in het centrum van de stad Utrecht in het westen en tot in Bunnik in het oosten. De effecten op de belangen zijn extreem groot. Door het zeer grote invloedsgebied en de vele meters grondwaterstandsverlaging:

- zal het bos in Amelisweerd verdrogen;
- kunnen archeologische waarden droogvallen en oxideren;
- kunnen forse zettingen en daarmee zakkingen aan gebouwen en infrastructuur optreden.

Zonder mitigerende maatregelen treden er dus forse dalingen op van de grondwaterstand in de omgeving. Deze dalingen leiden tot zeer onwenselijke negatieve effecten op belangen in de omgeving.

2.7.3 Mitigatie van grondwatereffecten

Omdat de grondwatereffecten op de omgeving significant zijn, zijn er mitigerende maatregelen nodig om de effecten te beperken. Voor de mitigatie van grondwatereffecten zijn t.b.v. het MER en OTB in 2016 een aantal mogelijk maatregelen beschouwd:

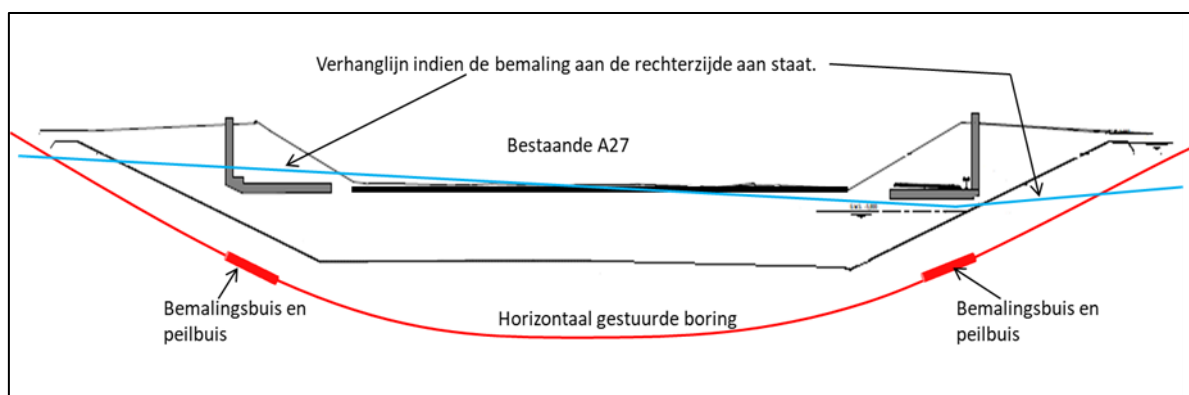
- 1 reductie van het onttrekkingsdebiet door het optimaliseren van de bemaling;
- 2 retourbemaling door het weer infiltreren van het onttrokken grondwater;
- 3 reductie van het onttrekkingsdebiet door tijdelijke damwandschermen.

Ad.1 Reductie van het onttrekkingsdebiet

Het werkvak met verticale bemaling kan niet korter dan de circa 100 meter. Wel kan er horizontale bemaling worden toegepast. Voor reductie van het onttrekkingsdebiet (circa 15 % reductie) is het technisch mogelijk om de bemalingsputten in een horizontaal gestuurde boring aan te brengen. Deze horizontaal gestuurde boring ligt geheel onder de folieconstructie door (zie afbeelding 2.10). Elke circa 20 meter is dan een horizontale boring nodig. De effecten op de omgeving als gevolg van de bemaling zijn bij benadering lineair afhankelijk van het onttrekkingsdebiet. Wanneer 15 % minder bemalen hoeft te worden zal de grondwaterstandsverlagingen in de omgeving met 15 % afnemen. Ook met deze reductie is het invloedsgebied groot, en is daarnaast veel werkruimte op circa 25 á 50 meter vanaf de folie nodig voor de

pers- en ontvangstputten (langs het tracé om de circa 20 meter). Hierdoor wordt deze optie als niet realistisch beschouwd.

Afbeelding 2.10 Horizontale boring met bemalingsputten



Ad.2 Retourbemaling

Om de grondwaterstandsddaling in de omgeving te mitigeren kan retourbemaling worden toegepast. Op basis van de luchtfoto is een selectie gemaakt van locaties waar mogelijk retourbemaling geplaatst kan worden. Het betreft in totaal circa 125 locaties, onder andere in de woonwijk Lunetten, landgoed Amelisweerd waar retourputten geplaatst kunnen worden. Deze retourvelden zijn middels leidingen weer verbonden met de bemalingsputten.

Er is gerekend met 100 % infiltratie van het onttrokken debiet. Optimalisatie is mogelijk op het infiltratiedebiet per retourput en de in te zetten retourputten. Het debiet en retourbemalingsdebiet bedraagt 1.850m³/uur.

Ad.3 Damwandschermen

Om de grondwaterstandsddaling in de omgeving te mitigeren kunnen tijdelijke damwandschermen worden geplaatst om het bemalingsdebiet te reduceren. Hierbij moet dan op niet al te grote diepte in de bodem een slecht doorlatende (klei)laag voorkomen.

De reductie van het bemalingsdebiet is onafhankelijk van de k-waarde van het watervoerend pakket maar wel afhankelijk van de verhouding diepte damwand versus de diepte van een slecht doorlatende kleilaag. In het geval van de verbreding van de A27 vindt een bemaling plaats in het watervoerend pakket. De dikte bedraagt hier circa 60 meter. Stel dat een damwand tot 10 meter diep wordt geplaatst, dan levert dit een reductie op van het debiet (en effecten) met slechts 7,5 %. Worden de damwanden tot circa 30 meter geslagen, dan bedraagt de reductie nog maar circa 25 %. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de reductie pas effectief wordt indien de damwanden tot circa 45 meter worden aangebracht (dan nog levert het maar een reductie op van 45 %). Pas als de damwand tot in de slecht doorlatende (klei)laag wordt geplaatst, is de bouwput afgesloten van het watervoerend pakket en wordt de maximale reductie bereikt. Het debiet wordt dan bepaald door de horizontale lek door damwandspleten en de verticale flux door de Waalrelei formatie (WAK1).

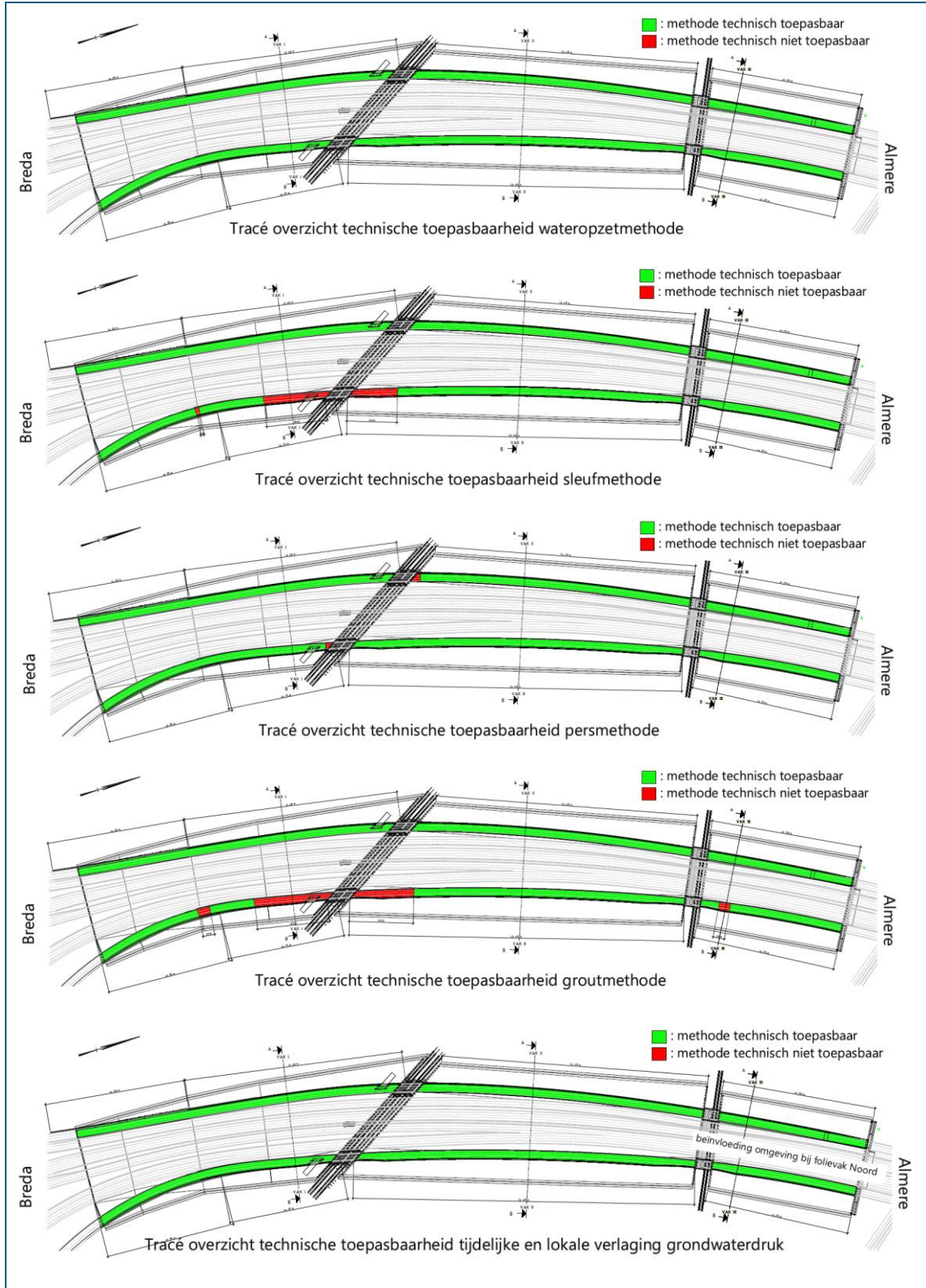
In de paragrafen 3.2 en 3.3 wordt nader ingegaan op onderzochte beheersmaatregelen.

2.8 Toepasbaarheid van de bouwmethoden op het tracé

Van de 5 bouwmethoden zijn drie methoden niet overal technisch toepasbaar op het tracé. In afbeelding 2.11 is weergegeven waar op het tracé langs de verdiepte ligging een bouwmethode wel of niet mogelijk is. In het geval een bouwmethode niet overal toepasbaar is, dien je te werken met een combinatie van

bouwmethoden. Voor de analyse van de mogelijkheden van de combinatie van bouwmethoden wordt verwezen naar paragraaf 3.3.2.

Afbeelding 2.11 Technische toepasbaarheid bouwmethoden (de rode marking is slecht te zien bij de persmethode omdat deze deels onder het spoor ligt)



3

RISICOPROFIELEN BOUWMETHODEN OP BASIS VAN NADERE ONDERZOEKEN 2016-2019

3.1 Uitwerking en analyse bouwmethoden

Vanaf de start van het project is duidelijk geweest dat de verbreding van de weg in de verdiepte ligging bovengemiddeld (omgevings)technische aandacht vergt. Het verbreden van een weg binnen een folie constructie komt zelden of nooit voor. Bovendien leiden de aanwezigheid van bestaande spoorlijnen, de woonwijk Lunetten en het Landgoed Amelisweerd tot aangescherpte randvoorwaarden. In een vroeg stadium (2010-2015) zijn daarom door Rijkswaterstaat al veel verschillende bouwmethoden onderzocht op technische haalbaarheid en de impact van deze methoden op de omgeving. Hierbij zijn traditionele technieken beschouwd, maar ook innovatieve methoden zoals het afzinken van caissons, het geheel bevriezen van de verdiepte ligging en het in-situ injecteren van een waterdichte onderwaterbetonvloer. Deze studies hebben na zorgvuldige trechtering geleid tot de vijf bouwmethoden zoals deze in hoofdstuk 2 omschreven zijn.

Na de vaststelling van het TB in 2016 zijn de 5 bouwmethoden nader uitgewerkt ten behoeve van de aanbestedingsprocedure. Hiervoor hebben in de periode 2016-2019 nadere onderzoeken plaatsgevonden naar deze 5 bouwmethoden. Rijkswaterstaat heeft hiervoor een ingenieursbureau, Deltares en een expertteam onder leiding van Horvat & Partners ingeschakeld. Het expertteam bestond uit (emeritus) professoren en topexperts. Aan zowel het ingenieursbureau als het expertteam is de vraag gesteld om de risico's van de bouwmethoden te evalueren en beheersmaatregelen te formuleren. De onderzoeken bestonden uit risicoanalyses, nadere technische uitwerking van bouwmethoden, analyse van omgevingseffecten en praktijkonderzoek in samenwerking met kennisinstituut Deltares, zoals aanvullend grondonderzoek en een grootschalige pompproef met bemalen, om inzicht te krijgen in de opbouw van de ondergrond en hoe het grondwater zich gedraagt in de omgeving in geval van bemaling.

Naar aanleiding van de tussenresultaten uit de analyses, de praktijkpompproef¹ en aanvullende berekeningen heeft Rijkswaterstaat in 2018 besloten om de bouwmethoden nogmaals tegen het licht te houden. In deze studie zijn 5 bouwmethoden met tientallen subvarianten (en combinaties hiervan) in kaart gebracht. Deze subvarianten van de bouwmethoden zijn vervolgens beoordeeld en afgewogen op thema's zoals maakbaarheid, omgevingsbeïnvloeding, invloed op (trein)verkeer, kosten, bouw hinder, veiligheid, duurzaamheid en het risicoprofiel. Uit deze afweging is gebleken dat bemaling in combinatie met een schermwand (over de volle hoogte van het watervoerend pakket, uitgevoerd als cementbentonietwand / diepwand) als enige een laag risicoprofiel heeft en hierbij ook voldoet aan alle bestuurlijke randvoorwaarden². Deze bouwmethode is vervolgens nader uitgewerkt. De resultaten van deze nadere

¹ In 2018 zijn pompproeven uitgevoerd op het terrein Tussen de Rails in het kader van nadere uitwerking van de bouwmethode bemaling met retourbemaling. Hieruit bleek dat de onttrekkingsdebieten flink hoger te zijn dan in 2016 werd verwacht door de hogere doorlatendheid van het watervoerend pakket. Ook het noodzakelijke retourdebet werd daarmee flink hoger. Verder zijn er grote uitstralingseffecten te verwachten er is veel ruimtebeslag nodig voor retourvelden in de omgeving, ook buiten de TB-grens.

² In samenspraak met de Bestuurlijke Stuurgroep (BSG) en Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR) zijn eisen en randvoorwaarden opgesteld om de uitvoering beheerst te laten verlopen en om potentieel negatieve effecten op de omgeving

uitwerking zijn verwerkt in dit document. Om extra zekerheid te verkrijgen omtrent de technische maakbaarheid heeft Rijkswaterstaat in de periode maart-mei 2020 een marktconsultatie georganiseerd met grote (Europese) bouwbedrijven en gespecialiseerde Europese schermwand aannemers. Voor de marktpartijen is de gemaakte afweging en de keuze voor de voorkeursmethode helder. Hierbij geven ze unaniem aan dat de schermwandmethode een robuuste, betrouwbare en maakbare bouwmethode is.

In het vervolg van dit hoofdstuk wordt ingegaan op de risicoprofielen van de bouwmethoden voor de verdiepte ligging. Op basis van deze risicoprofielen is een keuze gemaakt voor een technisch maakbare uitvoeringsvariant met het laagste risicoprofiel. Dit wordt dan de voorkeursmethode of referentievariant voor de bouwmethode genoemd.

3.2 Overzicht risicoprofielen

3.2.1 Toelichting criteria en beoordelingskader

De risicobeschouwing heeft plaatsgevonden op basis van een aantal criteria. In tabel 3.1 is een samenvatting opgenomen van de belangrijkste criteria op het gebied van technische risico's en omgevingsbeïnvloeding.

Tabel 3.1 Toelichting criteria

Aspect	Criteria	Toelichting
Techniek	Toepasbaarheid	Hierbij gaat het om waar op het tracé langs de verdiepte ligging een bouwmethode wel of niet mogelijk is (zie hiervoor ook afbeelding 2.13)
	Maakbaarheid	Hierbij gaat het om de ervaringen in de praktijk en robuustheid van de bouwmethode
	Faalmechanisme	Hierbij gaat het om de kans op het risico dat de folie beschadigd raakt (scheuren) tijdens de werkzaamheden (falen van de folie), waardoor er ongewenste hoeveelheden water op de weg komt. Hierdoor kan er taludinstabiliteit ontstaan op de A27 en het spoor (zettingen) met grote gevolgen voor de verkeersveiligheid.
	Beheersmaatregel	Hierbij gaat het om mogelijke (en de complexiteit van) maatregelen om de risico's (faalmechanisme) te kunnen beheersen (risicoreductie/-verlaging).
Omgeving	Verkeershinder	Hierbij gaat het om de mate van doorstroming of (reguliere) verkeershinder op de A27 en op het spoor (Treinvrije Periodes). De bouwtijd speelt hierin ook een rol.
	Omgevingshinder	Hierbij gaat het om de hinder voor de omgeving als gevolg van gebruikelijke bouwactiviteiten en grondwatereffecten (bv zettingen en zakkingen, verdroging natuur en groen, locaties (retour)putten).
	Beheersmaatregel	Hierbij gaat het om mogelijke (en de complexiteit van maatregelen) om de effecten op de omgeving te kunnen beheersen (risicoreductie/-verlaging).

De criteria en het beoordelingskader van de technische en omgevingsrisico's van de bouwmethoden worden kwalitatief beoordeeld op de criteria zoals in gepresenteerd in tabel 3.2.

te voorkomen. De in de BSG vastgestelde bestuurlijke randvoorwaarden zijn van toepassing op alle mogelijke bouwmethoden en worden als eis opgenomen in het contract voor de aanbesteding.

Tabel 3.2 Criteria en beoordelingskader criteria technische en omgevingsrisico's

Aspect	Criteria	Boordeling (kwalitatief)
Techniek	<ul style="list-style-type: none"> - Toepasbaarheid - Maakbaarheid - Faalmechanisme (folie) - Complexiteit beheersmaatregelen 	<ul style="list-style-type: none"> -> Hele tracé - groot deel tracé - klein deel tracé -> Bewezen techniek - gemiddeld - complex -> Kleine - gemiddelde - grote kans op scheuren folie -> Laag - gemiddeld - hoog
Omgeving	<ul style="list-style-type: none"> - Verkeershinder - Omgevingshinder - Complexiteit beheersmaatregelen 	<ul style="list-style-type: none"> -> Weinig - gemiddeld - veel -> Weinig - gemiddeld - veel -> Laag - gemiddeld - hoog

3.2.2 Risicoprofielen bouwmethoden

In de eerder uitgevoerde studie van Rijkswaterstaat (november 2015) is per verbredingsmethode een risicobeschouwing uitgevoerd. Aanvullende onderzoeken en risicoanalyses in de periode 2016-2019 hebben nadere inzichten opgeleverd in de risico's, gevolgen en mogelijke beheersmaatregelen van de 5 bouwmethoden. In tabel 3.3 tot en met 3.7 wordt per bouwmethode een korte beschrijving van de methode en vervolgens het oordeel over de technische en omgevingsrisico's en mogelijke beheersmaatregelen gegeven.

Tabel 3.3 Risicoprofiel wateropzetmethode

Wateropzetmethode
<p>Beschrijving, toepasbaarheid op het tracé en bouwtijd</p> <p>Bij de wateropzetmethode wordt direct naast de bestaande weg een damwand geplaatst en met behulp van vriestechnieken waterdicht aangesloten op de onderliggende folie. En er wordt gewicht aan de wegzijde van de damwand aangebracht in de vorm van containers. Deze constructie maakt het mogelijk om het talud naast de huidige A27 onder water te zetten als aanvullend gewicht boven de folie. Onder water wordt vervolgens de grond afgegraven en de betonnen verbreding gerealiseerd. De methode is over het gehele tracé toepasbaar. De uitvoeringsperiode van deze methode bedraagt ca. 7 jaar (en is niet te versnellen).</p>
<p>Technisch risico's (maakbaarheid, faalmechanisme en beheersmaatregelen)</p> <p><u>Maakbaarheid:</u> De wateropzetmethode is een combinatie van beproefde methoden. De onderdelen van deze bouwmethode zijn niet nieuw, maar in combinatie met de folie en het verkeer dicht naast de bouwkuip is het wel nieuw. De maakbaarheid is daarom beoordeeld als complex.</p> <p><u>Faalmechanisme:</u> Tijdens de uitvoering blijft de A27 in gebruik door verkeer. Falen van de damwand tijdens de uitvoering heeft daarom grote gevolgen voor de veiligheid van het verkeer. In eerste instantie stroomt het water uit de kuip. Omdat het aangebracht gewicht ten behoeve van ontgraving daarmee wegvalt, barst vervolgens de folie op en overstroomt de gehele verdiepte ligging met grondwater. Er komt een grote hoeveelheid water vrij (ca. 10.000 m³). Falen van de damwand kan meerdere oorzaken hebben. Zo kan de stabiliteit in praktijk tegenvallen vanwege een ongunstigere grondopbouw boven de folie of een aanrijding van de damwand plaatsvinden vanaf de A27. Daarnaast kunnen de vrieslichamen niet volledig waterdicht blijken met in extremis het bezwijken van de damwand als gevolg. De kans op falen van de folieconstructie is groot met grote gevolgen voor de verkeersveiligheid.</p> <p><u>Beheersmaatregelen:</u> Belangrijkste risico is het doorgaand bezwijken van de folieconstructie als de tijdelijke damwand faalt. De beheersmaatregel hiervoor is het aanbrengen van nog meer gewicht aan de wegzijde van de damwand en het nog meer beveiligen van de damwand tegen aanrijdingen. Beide maatregelen zijn al doorgevoerd in een mate waarin de verkeershinder nog acceptabel is. Ook het verkleinen van de gevolgen door bijvoorbeeld compartimentering van de kuip is technisch niet mogelijk. De complexiteit van de maatregelen die nodig zijn om de gewenste betrouwbaarheid te behalen met betrekking tot deze faalmechanismen worden als hoog beoordeeld omdat de eenvoudige beheersmaatregelen reeds zijn toegepast. Sessies met experts hebben niet geleid tot andere (of aanvullende) beheersmaatregelen.</p>
<p>Risico's omgeving (omgevingsbeïnvloeding en beheersmaatregelen)</p> <p><u>Verkeershinder:</u> Het verkeer rijdt gedurende de bouw langs een hoge damwand met zware aanrijdbeveiliging ervoor. Hiervoor moeten rijbanen worden versmald. Daardoor zijn minder rijstroken beschikbaar. Er is sprake van veel verkeershinder.</p> <p><u>Omgevingshinder:</u> Er is sprake van de gebruikelijke bouwhinder (bijvoorbeeld intrillen damwanden). Er zijn verder geen significante effecten op de omgeving indien de methode op de juiste manier wordt uitgevoerd en de technische risico's niet optreden. Er is dan beperkte omgevingshinder.</p>

Wateropzetmethode

Er zijn geen beheersmaatregelen nodig voor de omgeving.

Tabel 3.4 Risicoprofiel sleufmethode

Sleufmethode

Beschrijving, toepasbaarheid op het tracé en bouwtijd

Bij de sleufmethode wordt binnen een smalle sleufbekisting grond verwijderd, waarbij voor de stabiliteit van de folie wordt uitgegaan van de driedimensionale spanningsverspreiding of boogwerking in de omringende grond. De methode is over een groot deel van het tracé toepasbaar. De beschikbare afstand tussen de folie en de verbreding blijkt op een aantal locaties te klein om daar gebruik te maken van deze methode. De uitvoeringsperiode van deze methode bedraagt meer dan 7 jaar (en is niet te versnellen). De maakbaarheid is daarom beoordeeld als complex.

Technisch risico's (maakbaarheid, faalmechanismen en beheersmaatregelen)

Maakbaarheid: De sleufmethode is niet nieuw. De combinatie met de folieconstructie en de hoeveelheid naast elkaar gelegen sleuven is bij deze bouwmethode wel nieuw. De maakbaarheid is daarom beoordeeld als complex.

Faalmechanismen: De sleuf moet relatief smal zijn om verticale stabiliteit te realiseren (circa 1 meter), de werkbare ruimte is beperkt om de betonnen verbreding aan te brengen. De 3D boogwerking van de grond is afhankelijk van de eigenschappen van deze grond. Binnen de foliepolder zijn deze eigenschappen wisselend, waardoor de boogwerking kan falen en de folieconstructie plaatselijk kan scheuren. Door veel repetitiewerk ontstaat een groter risico op menselijke fouten door bijvoorbeeld te diep inbrengen van de sleufbekisting of te diep ontgraven. Hierdoor kan beschadiging aan de folie ontstaan waardoor deze kan scheuren, en ontstaat wateroverlast op de A27 en mogelijk taludinstabiliteit. Beide kunnen negatieve gevolgen hebben voor de verkeersveiligheid. De kans op falen van de folieconstructie is groot.

Beheersmaatregelen: Belangrijkste risico is het doorgaand bezwijken van de folieconstructie als de sleuf opbarst. De beheersmaatregel hiervoor is zorgen voor een grotere afstand tussen de folie en de ontgraving, zodat tegenvallende eigenschappen van de aanvulgrond minder impact hebben op de boogwerking. Echter hierdoor wordt de methode over een groter deel van het tracé niet meer toepasbaar. Ook kan het materieel computergestuurd worden om menselijke fouten te voorkomen, de onzekerheid over de folie ligging wordt echter niet weggenomen. De complexiteit van de maatregelen die nodig zijn om de gewenste betrouwbaarheid te behalen met betrekking tot deze faalmechanismen worden als hoog beoordeeld, omdat de eenvoudigere beheersmaatregelen reeds zijn toegepast. Sessies met experts hebben niet geleid tot andere (of aanvullende) beheersmaatregelen.

Risico's omgeving (omgevingsbeïnvloeding en beheersmaatregelen)

Verkeershinder: In beginsel wordt het verkeer nauwelijks gehinderd. Wel is er 'veel te zien' en moet er telkens een sleufkist worden ingebracht in het talud. Door de lange bouwtijd is de duur van wegafzettingen hierdoor ook erg lang. Dit is ongunstig voor de verkeersveiligheid.

Omgevingshinder: Er is sprake van de gebruikelijke bouwhinder. Er is enige omgevingshinder vanwege het telkens opnieuw intrillen van damwanden in combinatie met de lange doorlooptijd. Er zijn verder geen significante effecten op de omgeving indien de methode op de juiste manier wordt uitgevoerd en de technische risico's niet optreden.

Er zijn geen beheersmaatregelen nodig voor de omgeving.

Tabel 3.5 Risicoprofiel persmethode

Persmethode

Beschrijving, toepasbaarheid op het tracé en bouwtijd

De persmethode is afgeleid van de bouwmethode van een perstunnel. Daarbij wordt op de voorzijde van een betonnen tunneldeel een zogenaamde 'patatsnijder' gemonteerd waarmee de hele tunnel door de grond wordt gedrukt en waarachter de grond kan worden afgevoerd. Met een vijzelconstructie wordt de installatie stapje voor stapje door het grondlichaam gedrukt. De methode is over een groot deel van het tracé toepasbaar. De uitvoeringsperiode van deze methode is niet goed in te schatten omdat een nieuwe unieke machine ontwikkeld moet worden (zie hieronder).

Technisch risico's (maakbaarheid, faalmechanismen en beheersmaatregelen)

Maakbaarheid: Deze methode is in praktijk enkel toegepast om kleinere constructies door bijvoorbeeld spoordijken te realiseren. Voor deze situatie zou een unieke machine ontwikkeld moeten worden. De weg ligt in een bocht. Dit in combinatie met de asymmetrische belasting op de patatsnijder maakt de stuurbaarheid van het geheel een onzekere factor. De maakbaarheid is daarom beoordeeld als complex.

Faalmechanismen: Bij de uitvoering dient te worden voorkomen dat er krachten op de folie worden overgedragen. Wanneer de folie scheurt en lek raakt, overstroomt namelijk de verdiepte ligging met grondwater, waardoor wateroverlast en taludinstabiliteit ontstaat op de A27 wat gevolgen kan hebben voor de verkeersveiligheid. De techniek is voor deze toepassing nog onbewezen (onbeproefde techniek). Het is niet aangetoond dat er een machine kan worden ontwikkeld met voldoende

Persmethode

precisie en bestuurbaarheid om de verbreding te realiseren zonder dat de folie lek raakt. De kans op falen van de folieconstructie is groot.

Beheersmaatregelen:

De persmethode heeft kenmerken van een aantal bestaande technieken, maar is als geheel en in deze omvang nooit eerder toegepast. Ook nadert de bouwmethode de folie tot op kleine afstand, waardoor het de pers de folie kan raken of deze kan 'meetrekken'. Als beheersmaatregelen zijn de ontwikkeling van een proefmachine, een grootschalige praktijkproef – hoewel deze in combinatie met de folie nauwelijks te realiseren is- en detectie van de folie nodig – echter onderzoek hiernaar leert dat het in de praktijk niet mogelijk is deze te detecteren. De complexiteit van de maatregelen die nodig zijn om de gewenste betrouwbaarheid te behalen met betrekking tot de faalmechanismen worden als hoog beoordeeld, omdat een niet eerder gebouwde machine moet worden ontwikkeld, gebouwd en beproefd.

Risico's omgeving (omgevingsbeïnvloeding en beheersmaatregelen)

Verkeershinder: In beginsel wordt het verkeer nauwelijks gehinderd. Wel is er 'veel te zien'. Ondanks de onbekende bouwtijd is er sprake van weinig verkeershinder.

Omgevingshinder: Er is sprake van de gebruikelijke bouwhinder. Er zijn verder geen significante effecten op de omgeving indien de methode op de juiste manier wordt uitgevoerd en de technische risico's niet optreden. Er is dan weinig omgevingshinder.

Er zijn geen beheersmaatregelen nodig voor de omgeving.

Tabel 3.6 Risicoprofiel groutmethode

Groutmethode

Beschrijving, toepasbaarheid op het tracé en bouwtijd

Bij de groutmethode wordt de grond in de taluds naast de huidige A27 gemengd met grout, zodanig dat er iets boven de folie één groot groutmassief ('verstening') ontstaat. Hiervoor moeten vele tienduizenden groutinjecties worden gemaakt om het talud te 'verstenen'. Het 'versteende' talud wordt in verschillende kleine delen uitgehakt, waarna er delen van de toekomstige L-wand worden gestort. De methode is over een groot deel van het tracé toepasbaar, maar de groutmethode zal gecombineerd moeten worden met een andere methode. De uitvoeringsperiode van deze methode bedraagt meer dan 7 jaar (en is niet te versnellen).

Technisch risico's (maakbaarheid, faalmechanismen en beheersmaatregelen)

Maakbaarheid: Grout is een materiaal wat meerdere toepassingen kent in de civiele techniek. Het 'verstenen' van een heel talud en later uithakken binnen een foliepolder is een nieuwe toepassing van deze techniek. De maakbaarheid is beoordeeld als bewezen techniek (maar wel met een moeilijksgraad).

Faalmechanismen: Bij de oorspronkelijke aanleg van de verdiepte ligging is de grond eerst weggebaggerd en de folie vervolgens afgezonken. Door de onnauwkeurigheid van het bagger- en afzinkproces kan de folie in werkelijkheid iets lager of hoger liggen dan destijds beoogd. Door deze onnauwkeurigheid i.c.m. de bewerkelijkheid van het verstenen van het talud en het later weer uithakken van het talud is het niet ondenkbaar dat hier uitvoeringsfouten worden gemaakt, waardoor zowel bij het aanbrengen van het grout als bij het uithakken, de folie beschadigd raakt. Hierdoor ontstaat wateroverlast wat grote impact heeft voor de verkeersveiligheid. Tevens wordt een harde massa gecreëerd vlak bij de folie waardoor extra rekken worden veroorzaakt in de folie waarmee niet is gerekend, met een grotere kans op scheuren als gevolg. De kans is groot op het scheuren (en daarmee falen) van de folieconstructie.

Beheersmaatregelen: Bij het inbrengen van het grout dient voldoende afstand tot de folie te worden aangehouden om te voorkomen dat deze beschadigd raakt. Daarnaast is het noodzakelijk dat er een voldoende dik groutlichaam ontstaat onder de locatie waar de L-wand moet komen. De ligging van de folie kan niet nauwkeurig bepaald worden. Er zijn op dit moment nog geen maatregelen bekend om voldoende zekerheid te krijgen dat de folie niet beschadigd wordt en het groutlichaam voldoende robuust is. Hier zal dan nog nader onderzoek naar gedaan moeten worden. Daarmee wordt de complexiteit van de beheersmaatregelen als hoog beoordeeld, omdat het groutlichaam met zeer hoge precisie in relatie tot de ligging van de folie dient te worden aangebracht. Proeven met het detecteren van de folie in het laboratorium waren niet succesvol. Technieken om te borgen dat de injectielans niet te diep gaat (door de folie tijdig te detecteren) zijn niet bekend.

Risico's omgeving (omgevingsbeïnvloeding en beheersmaatregelen)

Verkeershinder: In beginsel wordt het verkeer nauwelijks gehinderd. Door de lange bouwtijd is de duur van wegafzettingen hierdoor ook erg lang. Dit is ongunstig voor de verkeersveiligheid.

Omgevingshinder: Er is sprake van de gebruikelijke bouwhinder. Zo is er enige omgevingshinder als gevolg van de groutinjectie werkzaamheden en het weghakken van het versteende groutlichaam. Er zijn verder geen significante effecten op de omgeving indien de methode op de juiste manier wordt uitgevoerd en de technische risico's niet optreden. Er is dan weinig omgevingshinder.

Er zijn geen beheersmaatregelen nodig voor de omgeving.

Tabel 3.7 Risicoprofiel (retour)bemaling

Bemalingsmethode
<p>Beschrijving, toepasbaarheid op het tracé en bouwtijd</p> <p>Bij bemaling wordt grondwater rond de foliepolder onttrokken om de grondwaterdruk onder de folie te verlagen. Vervolgens kan de grond boven de folie worden ontgraven zonder dat deze opbarst. Het onttrokken grondwater wordt op verschillende locaties weer in de bodem teruggebracht met (retourputten). De bemalingsmethode is (met retourbemaling) over het gehele tracé toepasbaar. In 2018 zijn pompproeven uitgevoerd op het terrein Tussen de Rails in het kader van nadere uitwerking van de bouwmethode bemaling met retourbemaling. Hieruit bleek dat de onttrekkingsdebieten fors hoger te zijn dan in 2016 werd verwacht door de hogere doorlatendheid van het watervoerend pakket. Ook het noodzakelijke retourdebiet werd daarmee flink hoger. Doordat er enig 'rondpomp' effect ontstaat bij het toepassen van retourbemaling, kunnen de pompdebieten nog meer oplopen en bij gelijktijdig bemalen van beide zijden van de weg verder oplopen tot extreme waarden. Verder zijn er forse uitstralingseffecten te verwachten er is veel ruimtebeslag nodig voor retourvelden in de omgeving, ook buiten de TB-grens. De uitvoeringsperiode van deze methode bedraagt ca. 4 - 5 jaar.</p>
<p>Technisch risico's (maakbaarheid, faalmechanismen en beheersmaatregelen)</p> <p><u>Maakbaarheid:</u> (Retour)bemaling is een veel gebruikte en bewezen techniek. De bemaling kent een hoge betrouwbaarheid. De maakbaarheid is beoordeeld als bewezen techniek.</p> <p><u>Faalmechanismen:</u> er is een kans dat de bemaling gedeeltelijk of geheel uitvalt. In dat geval is het gevolg zeer groot. De waterdruk loopt in relatief korte tijd (minder dan een half uur) op tot een niveau waarop de folie opbarst, waarna de verdiepte ligging van de A27 overstroomt met grondwater. Ook de chemische samenstelling van het water maakt het open houden van de retourputten complex. De kans op het falen van de folieconstructie bij (retour)bemaling wordt beoordeeld als groot.</p> <p><u>Beheersmaatregelen:</u> om het risico op uitval van 1 put of zelfs een hele bemaling te reduceren moet de bemaling (fors) worden overgedimensioneerd (extra pompen en retour putten) en moeten extra noodaggregaten worden geplaatst om eventuele stroomuitval op te vangen. Daarmee wordt de complexiteit van de beheersmaatregel 'overdimensionering bemaling' als principe laag beoordeeld, echter gezien de schaalgrootte als gemiddeld beoordeeld. Opgemerkt wordt dat ook overdimensionering of dubbel uitvoeren de bemaling niet 100 % betrouwbaar maakt. Ook de snelheid van het faalmechanisme (snelweg snel onder water bij scheuren van de folie) kan beheerst worden middels een schermwandconstructie (zie beschrijving bij beheersmaatregelen omgevingshinder).</p>
<p>Risico's omgeving (omgevingsbeïnvloeding en beheersmaatregelen)</p> <p><u>Verkeershinder:</u> Deze bouwmethode heeft geen bijzondere impact op het verkeer.</p> <p><u>Omgevingshinder:</u> Ten eerste dienen de omgevingseffecten van de bemaling te worden beperkt tot toelaatbare waarden. Wanneer de grondwaterstand rond de foliepolder wordt verlaagd, is dat namelijk ook in de omgeving merkbaar. Dit kan leiden tot zettingen van het nabijgelegen spoor en bebouwing en negatieve ecologische gevolgen hebben voor bos Amelisweerd, park de Koppel en de begroeiing in tuinen. Met het toepassen van de beheersmaatregel retourbemaling wordt deze vorm van omgevingshinder verkleind. De retourbemaling moet echter wel bijna overal buiten de TB-grenzen worden aangebracht, o.a. in Park de Koppel, Amelisweerd, in de wijk Lunetten, in 'Zwarte Woud' en in de golfbaan. Vanwege de hoge debieten is sprake van zeer grote buizen en een uitgebreid retourbemalingsnetwerk. Verplaatsen van de retourbemaling om deze objecten te ontzien is niet mogelijk, omdat dit het doel van de retourbemaling te niet doet. De leefbaarheid van de wijk Lunetten zal lijden onder de vele retourleidingen (diameter tot wel 600 mm), die ook vaak onderhouden moeten worden met veel werkverkeer in de wijk. Een bemaling met beheersmaatregel retourbemaling zorgt zonder aanvullende beheersmaatregel voor grote omgevingseffecten en -hinder.</p> <p>Bovendien voldoet een grootschalige retourbemaling niet aan de bestuurlijke randvoorwaarden zoals afgesproken in de Bestuurlijke Stuurgroep (BSG, Rijkswaterstaat, oktober 2018 en mei 2019): <i>'In de woonwijk Lunetten, park de Koppel, Landgoed Amelisweerd en de Utrechtse Golfclub Amelisweerd wordt geen grootschalige bemaling/retourbemaling uitgevoerd; slechts een beperkte (retour)bemaling is uitsluitend toegestaan indien dit noodzakelijk is om schade aan deze gebieden te voorkomen'</i>. In onderstaande tabel 3.8 is deze omgevingshinder daarom als hoog aangemerkt.</p> <p><u>Beheersmaatregel:</u> Er is een aanvullende beheersmaatregel nodig om de omgevingsbeïnvloeding te beperken en grootschalige retourbemaling (in Park de Koppel, Amelisweerd en 'Zwarte Woud') te voorkomen. Daarom is een beheersmaatregel in de vorm van een verticale schermwand nader onderzocht. De maatregel betreft een waterremmende schermwand rondom de foliepolder én de bak. Doordat de A27 en de spoorlijnen gekruist moeten worden heeft dit een kortdurend effect op de doorstroming (verkeershinder). Middels de schermwand worden de omgevingseffecten significant verlaagd en daarmee de projectrisico's verlaagd. Deze wand wordt tot in de waterremmende kleilaag op grote diepte (tot circa 70 meter diep) aangebracht. De waterremmendheid van deze kleilaag is middels onderzoek door Deltares aangetoond. Binnen de schermwanden wordt middels een bemaling een kunstmatige polder gecreëerd met een lagere grondwaterstand (polderconstructie). Voor de bemaling is een vergunning nodig. De schermwand vormt zo dus een aanvullende beheersmaatregel van de bemalingsvariant om de omgevingseffecten te minimaliseren. Tevens wordt zo het technisch risico op progressief falen van de folie weggenomen omdat bij uitval van de bemaling de grondwaterwaterdruk slechts langzaam oploopt. Daarmee wordt de omgevingshinder fors verlaagd. De complexiteit van de beheersmaatregel schermwand wordt als laag beoordeeld vanwege de bewezen techniek en ervaringen in Nederland en het buitenland (zie ook paragraaf 3.3 en 4.4).</p>

3.3 Keuze voorkeursmethode

Een samenvattend overzicht van de risicoprofielen van de 5 bouwmethoden is in tabel 3.8 weergegeven, inclusief het eindoordeel van het risicoprofiel. In het nu volgende hoofdstuk wordt een korte toelichting gegeven op het risicoprofiel.

3.3.1 Toelichting beoordeling

Bij zowel de wateropzetmethode als de sleufmethode, persmethode en de groutmethode is gebleken dat het risico op schade en daarmee falen van de folie groot is, met niet tijdig herstelbare lekkage als gevolg. De beheersmaatregelen die nodig zijn om de gewenste betrouwbaarheid te behalen met betrekking tot het faalmechanisme worden als complex beoordeeld. Deze methoden zijn daarom beoordeeld met een hoog risicoprofiel.

Uit de risicoanalyse blijkt dat bij de bemalingsmethode zeer grote hoeveelheden water verpompt moeten worden. Dit zorgt zonder (beheers)maatregelen voor onacceptabele beïnvloeding van de omgeving. Ook is er een risico op progressief falen bij uitvallen van de pompen. Er is dus een beheersmaatregel nodig om toch veilig te kunnen werken, met beperkte mate van omgevingsbeïnvloeding. Daarom is een beheersmaatregel ontwikkeld om de bemalingsvariant mogelijk te maken in de vorm van een schermwand om de foliepolder en bakconstructie. Door de aanwezigheid van de schermwand zal de grondwaterstand in de omgeving (buiten de schermwanden) veel minder beïnvloed worden door de waterstandverlaging. Hierdoor neemt het risico op zettingsschade en droogteschade aanzienlijk af. Doordat binnen de polder een 'eigen' lagere waterstand heerst, zal uitval van een onttrekkingsput weinig invloed hebben op de grondwaterstand binnen de polder. Deze methode is beoordeeld met een laag risicoprofiel.

In Nederland is veel ervaring met het aanbrengen van waterremmende wanden. Dergelijke wanden worden op vrij grote schaal toegepast. Bijzonder aan de toepassing van deze wanden bij het project Ring Utrecht is de diepte. De Nederlandse bodem en de vrij ondiep gelegen infrastructuur leiden ertoe dat zeer diepe wanden in Nederland vrijwel nergens noodzakelijk zijn. In West-Europa (en de rest van de wereld) daarentegen is het frezen van diepwanden en cement-bentonietwanden tot grote diepte (80-250 meter) gemeengoed en een gangbare techniek in alle voorkomende grondsoorten (zie ook paragraaf 4.4).

Tabel 3.8 Overzicht risicoprofielen bouwmethoden

Bouwmethode	Toepasbaarheid op tracé	Maakbaarheid	Faalmechanisme Kans scheuren folie	Complexiteit beheersmaatregel	Verkeers hinder	Omgevingshinder	Eindoordeel risicoprofiel
Wateropzetmethode	Hele tracé	Complex	Groot	Hoog	Veel	Weinig	Hoog
Sleufmethode	Groot deel	Complex	Groot	Hoog	Weinig	Weinig	Hoog
Persmethode	Groot deel	Complex	Groot	Hoog	Weinig	Weinig	Hoog
Groutmethode	Groot deel	Bewezen techniek	Groot	Hoog	Weinig	Weinig	Hoog
(Retour)bemaling	Hele tracé	Bewezen techniek	Groot	Gemiddeld	Weinig	Veel	Hoog
(Retour)bemaling met schermwand	Hele tracé	Bewezen techniek	Klein	Laag	Weinig	Weinig	Laag

Uit de beoordeling van de risicoprofielen blijkt dat de bemalingsmethode met schermwand het laagste risicoprofiel heeft, zowel op de technische aspecten als op de omgevingsaspecten.

3.3.2 Afweging bouwmethode en mogelijke combinatie van bouwmethoden

Het beperken van grondwaterbeïnvloeding is één van de belangrijkste aspecten bij het verbreden van de verdiepte ligging. De specifieke omgeving rond de verdiepte ligging leidt ertoe dat er slechts zeer beperkte variatie in grondwaterstanden toelaatbaar zijn én dat de maatregelen om dit mogelijk te maken slechts beperkt hinder mogen veroorzaken. Aan de randvoorwaarden kan enkel worden voldaan als binnen de folie wordt gewerkt of als de effecten door grondwaterstandverlaging zeer fors gereduceerd worden.

Het werken binnen de folie leidt in alle onderzochte gevallen tot een hoge kans op beschadigd raken van de folie. Methoden die een wat lager risico kennen, zijn niet over het gehele tracé toepasbaar en leiden tot de noodzaak om bouwmethoden te combineren en daarmee, naast de voordelen ook de nadelen van deze methoden te combineren. Het risicoprofiel wordt hiermee niet verkleind.

Werken buiten de folie kan door het verlagen van de waterdruk onder de folie. Uit geohydrologische berekeningen is gebleken dat omgevingsbeïnvloeding enkel kan worden beheerst door het toepassen van een afscheiding tussen de bemalingslocatie en de omgeving, alle andere vormen van retourbemaling (bijv. met DSI) blijken niet te voldoen. Hierbij is onder andere gekeken naar verschillende dieptes van de schermwand, maar ook naar het toepassen van verschillende andere bouwmethoden van deze afscheiding, zoals vriezen van de grond. Een wand tot in de Waalrelei op circa 70 meter diepte biedt het gewenste effect en is voldoende betrouwbaar. De vereiste diepte is enkel economisch en technisch maakbaar met een gegraven, in de grond gevormde wand zoals nu is gepresenteerd in dit rapport.

De bouwmethode (retour)bemaling heeft met de schermwand als aanvullende beheersmaatregel de schermwand het laagste risicoprofiel ten opzichte van de 4 andere bouwmethoden. Bij het combineren van de 4 bouwmethoden met elkaar blijft het risicoprofiel hoog, als hierboven gemeld. Het combineren van de 4 bouwmethoden met de bemalingsmethode met schermwand is niet mogelijk omdat de schermwand alleen werkt als deze volledig om de folie- en bakconstructie wordt aangebracht.

De bouwmethode (retour) bemaling met schermwand is vanwege het lage risicoprofiel gekozen als voorkeursmethode. De andere bouwmethoden (of combinatie van bouwmethoden) zijn niet nader beoordeeld op milieueffecten. In hoofdstuk 4 wordt de beheersmaatregel schermwand daarom nader uitgewerkt, en daarna in de volgende hoofdstukken beoordeeld op milieueffecten.

4

UITWERKING BOUWMETHODE BEMALING MET SCHERMWAND

Voor de uitwerking van de schermwand als beheersmaatregel zijn de volgende vragen van belang:

- wat wordt de ligging van de schermwand?
- tot welke diepte moet de schermwand worden aangebracht om effectief te zijn?
- uit welk materiaal bestaat de schermwand, en welke dikte heeft de schermwand?
- wat zijn de praktijkervaringen van schermwanden?
- welke situaties zijn onderzocht?

Deze vragen worden in onderstaande paragrafen beantwoord.

4.1 Keuze ligging schermwand

Voor het creëren van een polderconstructie is het noodzakelijk om een gesloten 'bouwkuip' te maken. Een gesloten kuip ontstaat door toepassing van een schermwand rondom de folie die reikt tot in een slecht doorlatende kleilaag. De kortste lengte van de schermwand wordt verkregen door de schermwand alleen rond de foliepolder aan te brengen. Echter, de schermwand kan dan niet gesloten worden aan de noordzijde van deze foliepolder omdat daar de betonnen bak van de verdiepte ligging aanwezig is. De aansluiting van folieconstructie aan de bakconstructie (bestaande en niet aan te passen situatie) bestaat uit een klemconstructie waarbij de folie door een stalen balk op een betonnen dorpel wordt gedrukt. Hier kan de schermwand dus niet tussendoor. Daarnaast moet het scherm ook reiken tot boven de heersende grondwaterstand in de omgeving om effectief te zijn. Dit betekent dat de wegkruising niet in de verdiepte ligging kan plaatsvinden, maar op een locatie waar de weg van nature boven de grondwaterstand ligt. Derhalve wordt de schermwand doorgezet rond de bakconstructie. Hierdoor kan 'werk met werk' gemaakt worden omdat de schermwand ter hoogte van de overkapping constructief wordt uitgevoerd en zo tevens de functie van permanente grondkerende en dakdragende constructie, die bij de verbreding van de bak nodig is, kan vervullen.

Een bovenaanzicht van de schermwand is in afbeelding 4.1 opgenomen. De lengte van de schermwand komt hiermee op circa 3,7 km en dient geheel gesloten te worden uitgevoerd.

Afbeelding 4.1 Bovenaanzicht schermwand (rode contour) en ligging overkapping betonnen bak (witte vlak)



De schermwand kruist de volgende bestaande infrastructuur:

- A27 noordzijde (ter hoogte van Amelisweerd/Kromme Rijn) en A27 zuidzijde (nabij knooppunt Lunetten);
- Spoorlijn Utrecht-Arnhem (Viaduct Mereveld) en spoorlijn Utrecht-Den Bosch (Viaduct De Knapschinkel);
- Onderliggend wegennet (OWN):
 - Koningsweg;
 - Nieuwe Houtenseweg;
 - Tussen de Rails (viaductencomplex Mereveld).

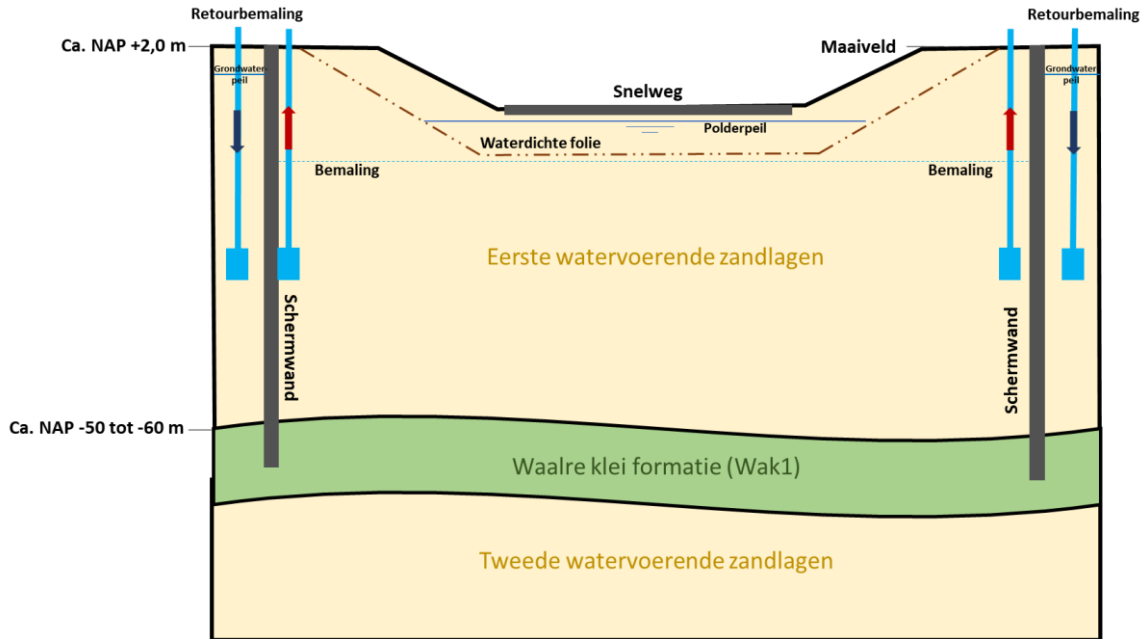
4.2 Keuze diepte schermwand

De diepte van de schermwand is afhankelijk van de diepte van voorkomen van een slecht doorlatende kleilaag onder de folie. De eerste meters onder het maaiveld bestaat uit een holocene deklaag, overwegend bestaande uit klei- en of veenlaagjes. Rond het tracé van de A27 is deze laag aanzienlijk dunner door de aanwezigheid van de verdiepte ligging van de A27. Onder deze deklaag bevindt zich het 1e watervoerend pakket, een circa 60 meter dikke zandlaag. Deze laag bestaat uit zowel fijn als grof zand met enkele grindige lagen en is relatief goed doorlatend. In dit zandpakket zijn geen aaneengesloten kleilaagjes aanwezig die gebruikt kunnen worden als onderkant van de polderconstructie van de schermwand. Het 1e watervoerend pakket wordt aan de onderkant begrensd door een circa 10 meter dikke slecht doorlatende laag: de Waalre Kleiformatie (Wak Formatie). Deze formatie bestaat overwegend uit een 'sandwich' van klei en leem onder en boven, met zandige trajecten in het midden. In de formatie komen ook zandige geulopvullingen voor in het projectgebied.

Deze formatie van Waalre is een rivierafzetting van vroeg-pleistocene ouderdom. De circa 10 meter dikke formatie van Waalre kan worden beschouwd als een scheidende laag tussen het eerste en tweede watervoerende pakket. De diepte van deze laag kent een verloop. De bovenkant ligt aan de noordkant van de betonbak op circa NAP -50 m, halverwege op circa NAP -60 m en aan de zuidkant van de folieconstructie op circa NAP -55 m. Onder deze scheidende laag bevindt zich het 2e watervoerend pakket, bestaande uit een 40 tot 50 meter dikke zandlaag.

De schermwand zal tot in de Waalreklei formatie (Wak1) aangebracht moeten worden, zie afbeelding 4.2. Aangezien de waterremmende laag niet homogeen is, zal de inbeddingsdiepte van de schermwand kunnen variëren. Om onderloopsheid van de schermwand te voorkomen zal de schermwand voldoende moeten worden ingebed in de waterremmende kleilaag. Als uitgangspunt voor de uitvoering wordt gehanteerd dat de wand tot de onderzijde van de waterremmende laag moet worden aangebracht. Veiligheidshalve wordt een inbeddingsdiepte van tenminste 10 meter in de Waalreklei formatie (Wak1) aangehouden.

Afbeelding 4.2 Schematische doorsnede met schermwand ter plaatse van de folie

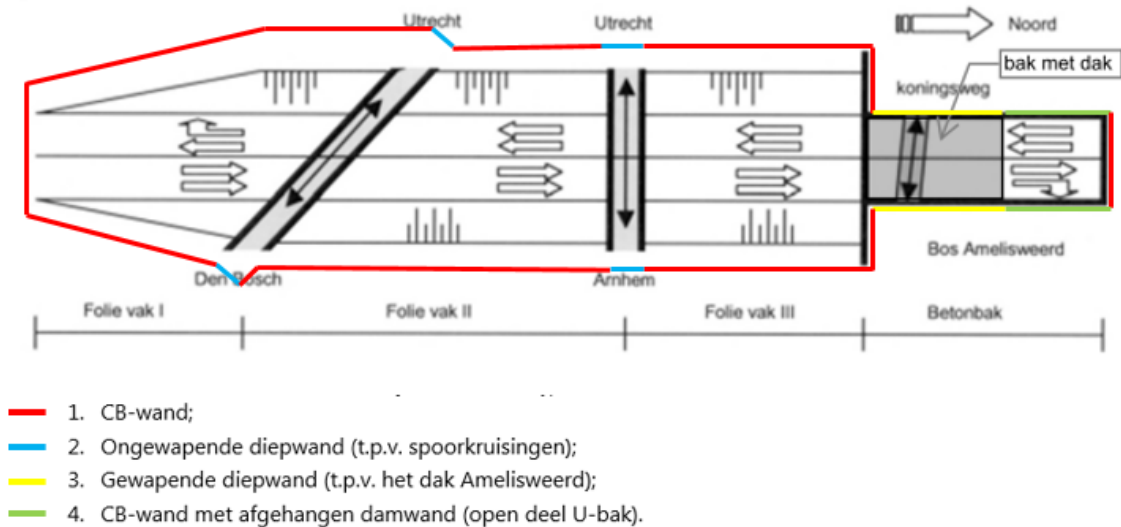


4.3 Materiaal en dikte schermwand

De verdiepte ligging bestaat uit 3 verschillende, afzonderlijke folie vakken (I, II en III) en een deel in een betonbak (t.h.v. Amelisweerd), zie afbeelding 4.3. De betonbak wordt in de toekomstige verbrede situatie over een deel van de lengte voorzien van een dak. De schermwand vormt de waterdichte/waterremmende wand van de bouwkuip. Deze schermwand bevindt zich rondom de folieconstructie en de betonnen bak. Er zijn een viertal wandtypes voorzien:

- 1 cement-bentonietwand (CB-wand) 800 mm t.b.v. de waterremmendheid (geen constructieve functie);
- 2 ongewapende diepwand 800 mm (ter plaatse van spoor kruisingen); Er dienen waterremmende, niet constructieve wanden te worden aangebracht. Normaliter zou dit een CB-wand zijn, maar vanwege de gewenste hoge verhardingssnelheid (de wanden worden gerealiseerd in een trein vrije periode) worden die vervangen door beton. Daarmee is dit een ongewapende diepwand geworden;
- 3 gewapende diepwand 1.500 mm (ten behoeve van en ter plaatse van het dak Amelisweerd). Hier heeft de wand drie functies: 1) waterremmende constructie, 2) grondkerende constructie en 3) dragen van het dak;
- 4 CB-wand 800 mm met 15 m afgehangen damwand (open deel betonnen bak, ofwel U-bak) t.b.v. de waterremmendheid en de grondkerende constructie.

Afbeelding 4.3 Bovenaanzicht schermwand en betonbak



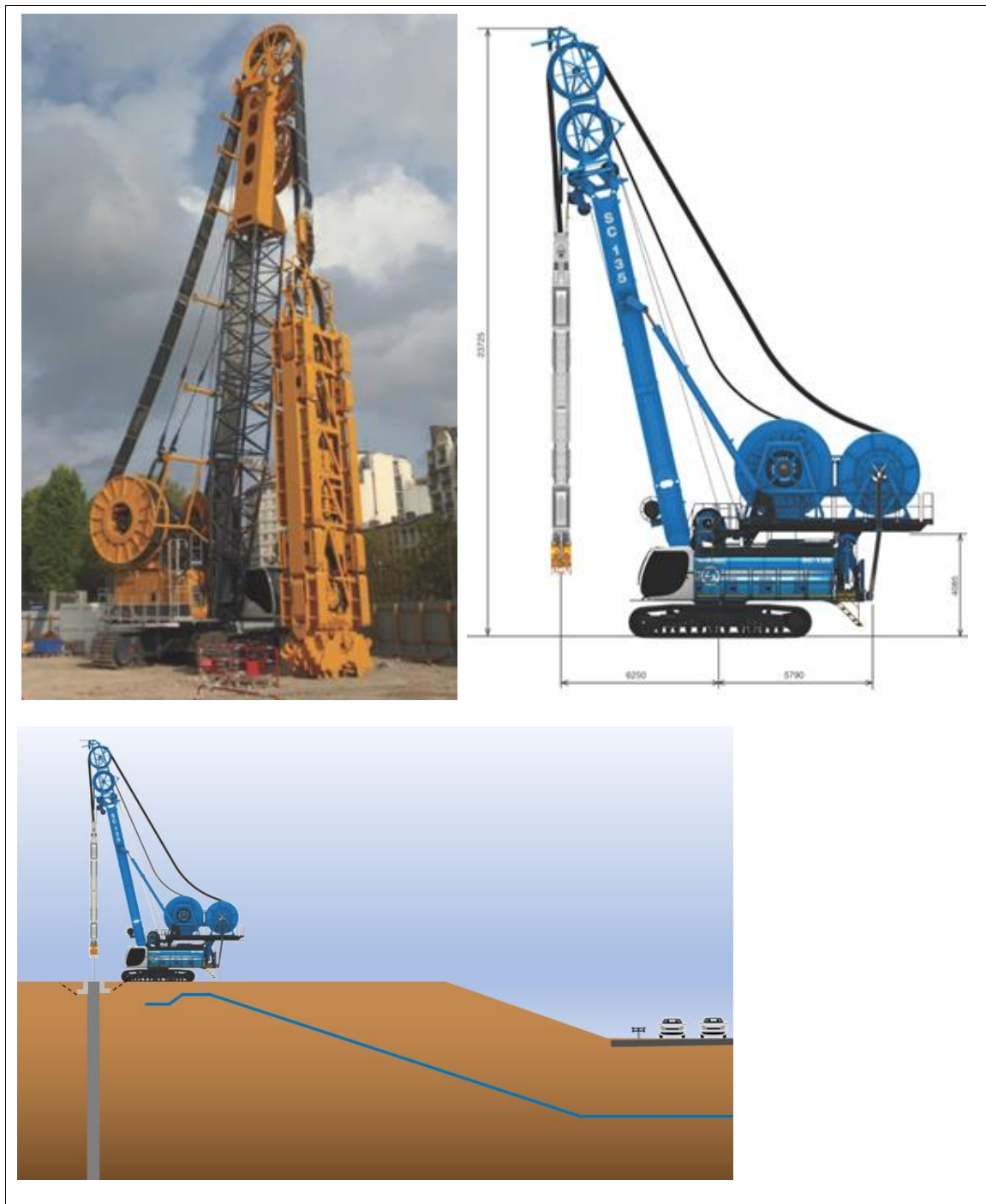
Cement-bentonietwand (CB-wand) en diepwand

Een CB-wand bestaat uit in de grondgevormde panelen van een cement-bentoniet mengsel. Met behulp van een grote kraan en frees (zie afbeelding 4.4) wordt een sleuf in de bodem uitgegraven. De sleuf wordt tijdens het graven stabiel gehouden door een steunvloeistof bestaande uit een suspensie van bentoniet en water. Nadat de sleuf op diepte is wordt een mengsel van cement-bentoniet in de sleuf gezet en ontstaat een paneel. De wand wordt volgens het volgende systeem aangelegd: eerst worden paneel 1 en 3 gegraven en na eerste uitharding wordt paneel 2 met overlap in panelen 1 en 3 gegraven¹. Dit wordt repeterend herhaald, zodat een wand ontstaat. Het eindresultaat is een relatief zachte, iets flexibele wand met een hoge waterremmendheid. De productie bedraagt circa 3 meter paneel van 70 meter diep per machine per dag.

Een diepwand bestaat uit in de grondgevormde (gewapend) betonnen panelen. Met behulp van een grote kraan en frees wordt een sleuf in de bodem uitgegraven. De sleuf wordt op dezelfde wijze ontgraven en gestabiliseerd als bij een CB-wand. Nadat de sleuf op diepte is wordt (eventueel) wapening aangebracht en vervolgens wordt de sleuf volgestort met beton. Door de onderlinge panelen tegen elkaar aan te bouwen ontstaat een wand. Het eindresultaat is een sterke betonnen wand, met een hoge waterdichtheid.

¹ Handboek CUR Rapport 189 Cement-bentoniet schermen <https://www.bouwbesluitonline.nl/docs/cur/rapport189>

Afbeelding 4.4 Voorbeelden freesmachine



4.4 Praktijkervaring met schermwanden

In Nederland is veel ervaring met het aanbrengen van waterremmende wanden. Zowel diepwanden als cement-bentonietwanden worden op vrij grote schaal toegepast.

Enkele voorbeelden van grootschalige toepassing van diepwanden zijn:

- Kruispleingarage, Rotterdam (ca. 20 meter diep);
- RandstadRail (station Blijdorp en CS), Rotterdam (ca. 40 meter diep);
- Noord/Zuidlijn (stations Rokin, Vijzelgracht en De Pijp), Amsterdam (ca. 30 meter diep);
- Zeetoeegang IJmond, IJmuiden (ca. 25 meter diep);

- Zeesluis Terneuzen, Terneuzen (ca. 25 meter diep);
- Spoorzone Delft, Delft (ca. 24 meter diep);
- Dive-unders VleuGel t.h.v. Lunetten, Utrecht (variërend van 8 tot 17 meter diep);
- A2 Willem Alexandertunnel, Maastricht (ca. 25 meter diep).

Enkele voorbeelden van grootschalige toepassing van cement-bentonietwanden zijn:

- Griftpark, Utrecht (ca. 60 meter diep);
- Parkeergarage Hoog Catharijne/Vredenburg, Utrecht (ca. 55 meter diep);
- Verdiepte ligging A2 onderdoorgang Haldersebaan, Vught (ca. 20 meter diep);
- Verdiepte ligging A2 onderdoorgang N620, Best (ca. 20 meter diep);
- A4 Midden Delfland, Schipluiden (ca. 10 meter diep);
- Verdiepte ligging A73, Tegelen (ca. 15 meter diep).

Bijzonder aan de toepassing van deze wanden bij het project Ring Utrecht is de diepte. Het is de diepste toepassing in Nederland tot nu toe. De Nederlandse bodem en de vrij ondiep gelegen infrastructuur leiden ertoe dat zeer diepe wanden in Nederland vrijwel nergens noodzakelijk zijn. Bovendien worden wanden over het algemeen in vrij zachte grond gegraven en is de diepte beperkt. Bij het ontgraven van de wanden wordt over het algemeen voor mechanische of hydraulische grijpers gekozen. Deze techniek voldoet in zachte grond prima tot dieptes van circa 40 á 50 meter. Bij diepere wanden ontstaat de behoefte aan een snellere en preciezere methode: de frees. Deze techniek is in Nederland slechts 1 maal eerder ingezet: bij het Griftpark in Utrecht.

In West-Europa (en de rest van de wereld) daarentegen is het frezen van diepwanden en cement-bentonietwanden tot grote diepte gemeengoed en een gangbare techniek in alle voorkomende grondsoorten. Er zijn alleen al in Europa enkele tientallen firma's actief op het gebied van gefreesde diepwanden, die gezamenlijk meer dan duizend projecten hebben uitgevoerd. Dieptes van 80 tot 250 meter zijn hierbij geen uitzondering.

Enkele aansprekende West-Europese voorbeelden van zeer diepe, gefreesde wanden zijn:

- Vele tientallen stations en schachten voor Grand Paris Express tot circa 85 meter diep, Paris, Frankrijk;
- Forgensee dam 70 meter diep, Duitsland;
- Woodsmith Mine, 120 meter diep, North Yorkshire, Groot Brittanië;
- Diverse stations aan metrolijn 9, tot 80 meter diep, Barcelona, Spanje;
- Sylvensteinspeicher 70 meter diep, Duitsland;
- Marienplatz station 60 meter diep, München, Duitsland.

Rijkswaterstaat heeft in april 2020 een marktconsultatie georganiseerd om de bouwmethode voor de schermwand met de marktpartijen te bespreken. Hieruit is gebleken dat de marktpartijen de keuze voor de schermwand onderschrijft: het is een robuuste methode die zich goed leent voor de omstandigheden op het project. Ook is de het frezen van de wanden door specialistische bedrijven als gangbare en hier geschikte techniek aangemerkt. De marktconsultatie heeft de haalbaarheid van door Rijkswaterstaat gekozen voorkeursvariant en de bouwwijze hiervan bevestigd. In de periode tot de start van de aanbesteding zal Rijkswaterstaat de bouwmethode verder uitdetaileren tot een referentieontwerp. De referentie wordt gebruikt als vertrekpunt tijdens de aanbesteding en de ontwerpfase na gunning.

4.5 Onderzochte situaties schermwand verdiepte ligging

In dit rapport zijn drie fasen van de schermwand onderzocht. Dit zijn de volgende fasen:

Bouwfase

- 1 aanleg van de schermwand;
- 2 wegverbreding in de verdiepte ligging (realisatie met (retour)bemaling).

Gebruiksfase (eindfase)

- 3 de eindsituatie na realisatie wegverbreding.

De situaties worden vergeleken met de nul-situatie zonder schermwand, ofwel de huidige situatie zonder wegverbreding (referentiesituatie). De referentiesituatie is de autonome ontwikkeling zonder het project Aanpassing Ring Utrecht.

4.5.1 Bouw, fase 1: aanleg schermwand

Aanlegsnelheid wand

De schermwand wordt aangelegd met behulp van een freesmachine ('hydromill' of 'trechcutter'). Gezien de lengte van de schermwand, circa 3,7 km, wordt aangenomen dat er 4 freesmachines worden ingezet. De panelen hebben een effectieve breedte van circa 3,0 meter en de productie bedraagt 1 paneel/machine/dag. Er wordt 24/7 gewerkt waardoor een theoretische productie van 21 strekkende meter wand wordt bereikt per week. In de planning wordt echter wat buffer ingebouwd voor o.a. onderhoud en wordt een doorlooptijd van 15 strekkende meter per machine per week aangehouden. De totale aanlegtijd van de schermwand wordt geraamd op circa 15 maanden.

Werkwijze

Voor het aanbrengen van 1 paneel moet er circa 156 m³ grond worden afgevoerd, uitgaande van een paneel van 3 meter breed, 0,8 meter dik en 65 meter lang. De eerste circa 4 meter per paneel wordt met een knijper ontgraven en ter plaatse in een vrachtwagen geladen, het restant van de diepte van een paneel wordt gefreesd en per pijplijn afgevoerd naar een scheidingsinstallatie op de werkterreinen. De vrijkomende grond wordt overdag vanaf de werkterreinen per as afgevoerd.

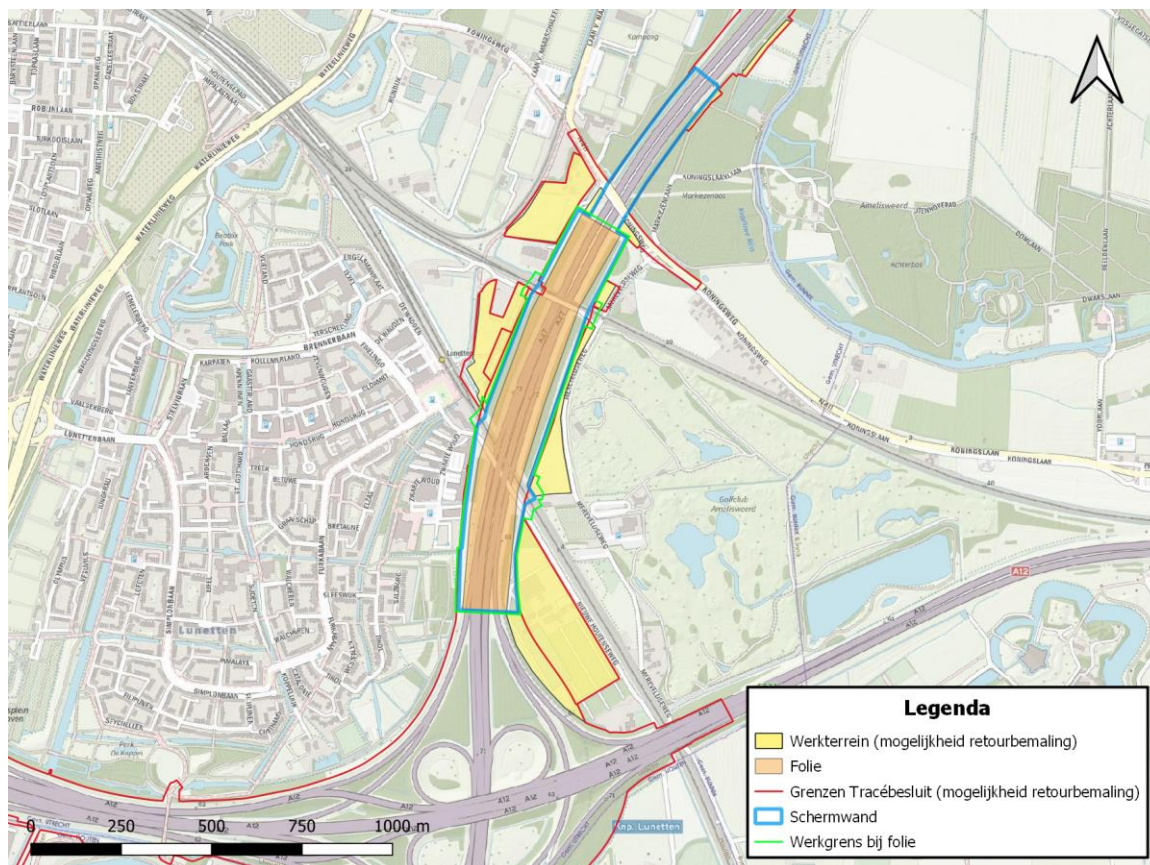
Bentoniet en cement worden dagelijks als vaste stof per as aangeleverd, en on-site gemixt tot steunvloeistof (bentonietsuspensie) of cement-bentoniet en vervolgens verpompt naar de sleuf. Voor het mixen van de bentonietsuspensie en cement-bentoniet is water nodig. Hiervoor wordt drinkwater gebruikt, afkomstig van het drinkwaterleidingnet van Vitens. Er is hiervoor geen bemaling nodig. Per paneel is ruwweg 900 liter water per m³ cement-bentoniet wand nodig of in het geval een diepwand 160 liter water per m³ en, uitgaande van 2x hergebruik van bentonietsuspensie, is circa 500 liter water nodig per m³ ontgraven grond. Dat resulteert in een waterverbruik van in totaal 256.000 m³, of gemiddeld circa 600 m³ per dag.

4.5.2 Bouw, fase 2: wegverbreding in verdiepte ligging met schermwand

Na aanleg van de schermwand kan worden gestart met de wegverbreding. Hiervoor wordt middels een bemaling binnen de schermwanden een polder gecreëerd met een grondwaterstand van NAP- 6 m, een verlaging van 6,5 meter t.o.v. huidig grondwaterpeil. Door het verlagen van de grondwaterstand onder de folieconstructie kan de grond boven de folieconstructie veilig ontgraven worden zonder het gevaar voor het opbarsten van de folieconstructie. Het verlagen van de grondwaterstand onder de folie kan door middel van onttrekkingsputten, die gesitueerd zijn tussen de folie constructie en de schermwand (zie ook afbeelding 4.2). De bemalingsputten dienen in het eerste watervoerende zandpakket te worden geplaatst.

De grondwaterstandsverlaging in de polder heeft ondanks de schermwand een geringe invloed naar de omgeving (omdat de schermwand niet volledig waterdoorlatend is kan een kleine lekkage optreden). Daarnaast mag het onttrokken grondwater vanwege de waterkwaliteit niet worden geloosd op het oppervlaktewater (eis Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden). Vanwege bovenstaande twee redenen is gekozen voor een 100 % retourbemaling als mitigerende maatregel om de effecten van de bemaling te beperken. Hierbij wordt al het onttrokken grondwater weer in de bodem geïnfiltrerd. De infiltratie- of retourputten worden eveneens geplaatst in het eerste watervoerend zandpakket binnen de TB-grens en binnen de werkterreinen, zie afbeelding 4.5. De retourputten zijn nodig aan beide kanten rondom de schermconstructie om de grondwatereffecten van de bemaling op de omgeving te minimaliseren. De effecten zijn beschreven in hoofdstuk 7 en 8.

Afbeelding 4.5 Mogelijke gebiedslocaties retourbemaling (binnen TB-grens en binnen de werkgrenzen)



Kader: hand aan de kraan-principe

In dit rapport wordt een uitwerking gepresenteerd van een bemalingsvariant met retourbemaling. Hiervoor zijn specifieke keuzes gemaakt, nader uitgewerkt en gepresenteerd met als uitgangspunt om de omgevingseffecten te beperken. Bij de retourbemaling ontstaat de mogelijkheid om nauwkeurig te sturen waar het onttrokken grondwater in de bodem geretourneerd wordt. Door tijdens de uitvoering van het project de omgevingsbeïnvloeding nauwgezet te volgen, kan 'met de hand op de kraan' bepaald worden waar meer of minder grondwater in de bodem wordt teruggeleid. Zo kan de omgevingsbeïnvloeding nog verder worden teruggebracht als nu ontworpen is en kan actief worden ingegrepen, bv. door meer water te retourneren dichtbij Amelissewaard in droge zomers, of juist minder dichtbij Amelissewaard te infiltreren (of juist te onttrekken met de drain) bij natte omstandigheden.

Bij een retourbemaling wordt het opgepompte grondwater in de nabijheid weer in de bodem teruggebracht. Bij een bemaling wordt middels een aantal verticale grondwaterputten het grondwater onttrokken. Een grondwaterput (deepwell) is een PVC-buis met perforatie en met een diameter van circa 0,25 meter. Het onttrokken grondwater uit deze deepwells wordt verzameld in een transportleiding die het vervolgens het grondwater richting de retourvelden transporteert. De retourvelden bestaan ook uit een aantal verticale putten (veelal een orde 2 à 3 meer dan het aantal onttrekkingsputten) waar het onttrokken water in wordt geïnfiltrerd. Om de omgevingseffecten zo veel mogelijk te beperken zijn de retourputten ruimtelijk rondom de bemaling gesitueerd, zowel aan de oost, zuid, west- en noordzijde.

Middels een verdeler op de transportleiding (en de aftakkingen) kan gestuurd worden hoeveel water in elke put wordt geïnfiltrerd. Zo kan er gekozen worden in aan alle zijden (oost, zuid, west en noord) evenveel te infiltreren, ofwel 25 % van het onttrokken grondwater. Maar als uit monitoring van de grondwaterstanden blijkt dat bijsturing nodig is (bijvoorbeeld 30 % naar de zuid-, west- en noordzijde, en 10 % naar de oostzijde), dan is dat eenvoudig regelen. Dit wordt het Hand aan de kraan-principe genoemd. Elke gewenste verdeling kan eenvoudig worden ingeregeld, eventueel kunnen ook nog diepere zandlagen worden gebruikt om grondwater in te infiltreren. Bij de aanvraag van een grondwatervergunning in het kader van de Waterwet dient dit principe voor retourbemaling van de verdiepte ligging nader te worden uitgewerkt in overleg met de omgevingspartijen.

Het Hand aan de kraan-principe biedt ook mogelijkheden om real-time op grondwaterstanden te sturen bij actuele meteorologische omstandigheden, bijvoorbeeld bij droogte (actief peilbeheer op basis van monitoring). Zo kan het systeem zelfs ingezet worden om exogene negatieve effecten te verzachten gedurende de realisatiefase. Dit staat echter los van de mitigatie van de hydrologische effecten als gevolg van de schermwand.

Voorbeeld retourput



4.5.3 Gebruiksfase: eindsituatie na realisatie wegverbreding in verdiepte ligging met schermwand

Voor de realisatie wordt uitgegaan van een toepassing van een tijdelijke polder met een schermwand. In de eindsituatie wordt de tijdelijke polder opgeheven, er vindt geen (retour)bemaling meer plaats. In de eindsituatie wordt tevens de schermwand aan de bovenzijde verwijderd tot circa 2 meter onder maaiveld (eis aan de aannemer), zodat toekomstig bodemgebruik (ruimtebeslag) niet gehinderd wordt. Alleen waar de schermwand als gewapende diepwand wordt uitgevoerd, wordt de wand onderdeel van de constructie, zonder extra ruimtebeslag. Het verwijderen van de schermwand over de volledige diepte is vanwege de grote diepte en lengte niet realistisch. Naast de eis om de wand tot 2 meter onder maaiveld te verwijderen geldt de aanvullende eis dat ter plaatse van watergangen de schermwand tot tenminste 0,50 meter onder de geprojecteerde onderhoudsdiepte verwijderd wordt, zodat het onderhoud aan watergangen (baggeren) onbelemmerd kan plaatsvinden. De effecten zijn beschreven in hoofdstuk 7.

5

METHODE

In dit rapport wordt de bouwmethode bemaling met de schermwand nader uitgewerkt voor de bouwfase (aanleg schermwand, realisatie wegverbreding in de verdiepte ligging) en de gebruiksfase (eindsituatie) na gereed komen van de werkzaamheden. In dit rapport zijn alleen voor de schermwand relevante milieueffecten nader uitgewerkt. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de te beschrijven milieueffecten en het beoordelingskader met de toetsingscriteria.

5.1 Overzicht milieueffecten

In het MER A27/A12 Ring Utrecht Tweede Fase zijn diverse milieuaspecten getoetst:

- verkeer;
- geluid;
- luchtkwaliteit;
- externe veiligheid;
- natuur;
- bodem;
- water;
- ruimte en ruimtelijke kwaliteit;
- landschap en cultuurhistorie;
- archeologie;
- duurzaamheid.

De beoordeling van de schermwand vraagt om een bredere afweging op andere milieueffecten. Immers de aanleg van de schermwand in de bouwfase geschiedt 24/7 waardoor er sprake kan zijn van effecten op de omgeving als gevolg van de bouwlampen (licht) bij de freesmachines. Daarom is het aspect licht toegevoegd aan de beoordeling.

Op welke effecten wordt getoetst is in tabel 5.1 weergegeven met een groen vinkje. Met een rood kruis is aangegeven waarop niet wordt getoetst, omdat de effecten voor dat milieuaspect voor de betreffende fase, specifiek in relatie tot de schermwand, niet relevant zijn. Voor de volledigheid, de benoemde aspecten kunnen in het kader van de wegverbreding van de A12 en A27 in zijn totaliteit, wel relevant zijn. Deze zijn in het MER 2016 A27/A12 Ring Utrecht Tweede Fase beschreven.

Tabel 5.1 Overzicht relevante milieueffecten uitwerking (retour)bemaling met schermwand voor de verdiepte ligging

Milieuaspect	Bouwfase	Gebruiksfase
	Aanleg schermwand en wegverbreding	Eindsituatie
(Bouw)verkeer	✓	✗
Geluid	✓	✗
Luchtkwaliteit	✓	✗
Externe veiligheid ¹	✗	✗
Natuur	✓	✓
Bodem	✓	✗
Water	✓	✓
Ruimtelijke kwaliteit	✓	✗
Landschap en cultuurhistorie	✓	✗
Archeologie	✓	✓
Duurzaamheid	✓	✗

¹ Er vindt in zijn geheel geen beoordeling plaats op het milieuaspecten externe veiligheid omdat dat dit milieuaspect, specifiek in relatie tot de schermwand, niet relevant is : bij de aanleg van de schermwand worden geen gevaarlijke stoffen toegepast.

Omdat voor de verschillende belangen de impact van de bouwmethode met schermwand verschillend is, is voor elk van de milieuaspecten een beoordelingskaders gebruikt waarop wordt getoetst. Dit beoordelingskader is overgenomen uit de MER Tweede fase.

5.2 Beoordelingskader met relevante toetsingscriteria

Dit rapport volgt de structuur van het beoordelingskader van het bestaande MER 2^e fase. Per milieuaspect wordt in onderstaande tabel het beoordelingskader met alleen voor de uitwerking van de schermwand relevante toetsingscriteria gepresenteerd.

5.2.1 Verkeer

In tabel 5.2 zijn de voor het aspect verkeer de (voor de schermwand relevante) gehanteerde toetsingscriteria en de wijze van operationalisatie weergegeven.

Tabel 5.2 Relevante toetsingscriteria verkeer

Aspect	Criterium	Operationalisatie
(Bouw)verkeer	Doorstroming	- Hoofdwegennet (HWN): - aantal dagen verkeershinder - Onderliggend wegennet (OWN): aantal dagen verkeershinder

Voor de vertaling van de effectanalyse naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 5.3.

Tabel 5.3 Beoordeling verkeer

Criterium aspect Verkeer	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
Doorstroming HWN	nvt	nvt	0 -3 dagen verkeershinder	3- 10 dagen	> 10 dagen
Doorstroming OWN	nvt	nvt	0 -7 dagen verkeershinder	1-20 weken, alternatieven beschikbaar	> 20 weken, alternatieven beschikbaar

5.2.2 Geluid

In tabel 5.4 zijn de voor het aspect geluid de (voor de schermwand relevante) gehanteerde toetsingscriteria en de wijze van operationalisatie weergegeven. Deze criteria zijn t.b.v. van de schermwand aangescherpt naar 'voldoen aan de regelgeving'.

Tabel 5.4 Relevante toetsingscriteria geluid

Aspect	Criterium	Operationalisatie
Geluid	geluidsbelasting omgeving	Toetsing aan regelgeving

Voor de vertaling van de effectanalyse naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 5.5.

Tabel 5.5 Beoordeling geluid

Criterium aspect Geluid	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
geluidbelasting	N.v.t.	N.v.t.	Voldoet aan regelgeving	Voldoet niet aan regelgeving - mitigerende maatregel nodig	Voldoet niet aan regelgeving - mitigerende maatregelen niet mogelijk

5.2.3 Luchtkwaliteit

In tabel 5.6 zijn de voor het aspect luchtkwaliteit de (voor de schermwand relevante) gehanteerde toetsingscriteria en de wijze van operationalisatie weergegeven.

Tabel 5.6 Relevante toetsingscriteria luchtkwaliteit

Aspect	Criterium	Operationalisatie
Luchtkwaliteit	jaargemiddelde concentratie NO ₂ , PM ₁₀ en PM _{2,5}	Toe/afname concentratie

(Voor de vertaling van de effectanalyse naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 5.7.

Tabel 5.7 Beoordeling luchtkwaliteit

Criterium aspect Verkeer	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
Toe-/afname jaargemiddelde concentratie NO ₂ , PM ₁₀ en PM _{2,5}	> 10 % van de gevoelige bestemmingen heeft een verbetering van meer dan 1,2 µg/m ³ (NO ₂) / 0,4 µg/m ³ (fijn stof)	5-10 % van de gevoelige bestemmingen heeft een verbetering van meer dan 1,2 µg/m ³ (NO ₂) / 0,4 µg/m ³ (fijn stof)	Minder dan 5 % van de gevoelige bestemmingen heeft een verbetering van meer dan 1,2 µg/m ³ (NO ₂) / 0,4 µg/m ³ (fijn stof)	5-10 % van de gevoelige bestemmingen heeft een verslechtering van meer dan 1,2 µg/m ³ (NO ₂) / 0,4 µg/m ³ (fijn stof)	> 10 % van de gevoelige bestemmingen heeft een verslechtering van meer dan 1,2 µg/m ³ (NO ₂) / 0,4 µg/m ³ (fijn stof)

5.2.4 Natuur

In tabel 5.8 zijn de voor het aspect natuur de (voor de schermwand relevante) gehanteerde toetsingscriteria en de wijze van operationalisatie weergegeven.

Tabel 5.8 Relevante toetsingscriteria natuur

Aspect	Criterium	Operationalisatie
Natuur	Beschermde gebieden (Natura 2000, Natuurnetwerk Nederland)	Ruimtebeslag, stikstofdepositie, visuele verstoring, verstoring door geluid en trillingen
	Bos/stedelijk groen (bos Amelisweerd, Lunetten incl. Park de Koppel)	Hydrologie/grondwater, vitaliteit bomen
	Beschermde fauna ¹	Visuele verstoring, verstoring door geluid en trillingen

¹ wijkt af van het MER Tweede Fase omdat de bouwfase met aanleg schermwand vraagt om een nadere uitwerking in lichteffecten op Amelisweerd. Omdat er ook grondwatereffecten in Amelisweerd kunnen optreden worden de overige effecten in Amelisweerd kwantitatief beschouwd.

Voor de vertaling van de effectanalyse naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 5.9.

Tabel 5.9 Beoordeling natuur

Criterium aspect Natuur	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
Beschermde gebieden (Natura 2000,	Groot positief effect	Beperkt positief effect	Geen/vrijwel geen effect	Gering negatief effect door ruimtebeslag, stikstofdepositie	Groot negatief effect door ruimtebeslag, stikstofdepositie

Criterium aspect Natuur	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
Natuurnetwerk (Nederland)				e, visuele verstoring, verstoring door geluid en trillingen	e, visuele verstoring, verstoring door geluid en trillingen
Bos/stedelijk groen (bos Amelisweerd, Lunetten incl. Park de Koppel)	Groot positief effect	Beperkt positief effect	Geen significant effect	Gering negatief effect op hydrologie/gro ndwater en vitaliteit bomen	Groot negatief effect op hydrologie/gro ndwater en vitaliteit bomen
Beschermde fauna	Groot positief effect	Beperkt positief effect	Geen significant effect	Gering negatief effect door visuele verstoring, verstoring door geluid en trillingen	Groot negatief effect door visuele verstoring, verstoring door geluid en trillingen

5.2.5 Bodem

In tabel 5.10 zijn de voor het aspect bodem de (voor de schermwand relevante) gehanteerde toetsingscriteria en de wijze van operationalisatie weergegeven.

Tabel 5.10 Relevante toetsingscriteria bodem

Aspect	Criterium	Operationalisatie
bodem	Beïnvloeding bodemkwaliteit	Kwalitatief, op basis van aantal/omvang verontreinigde locaties in projectgebied.
	Beïnvloeding WKO-systemen	Kwalitatief, op basis van grondwaterstroming(snelheid) bij (eventueel) omliggende WKO-systemen

Voor de vertaling van de effectanalyse naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 5.11

Tabel 5.11 Beoordeling bodem

Criterium aspect Verkeer	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeet negatief
Beïnvloeding bodemkwaliteit	Grote verbetering	Matige verbetering	Geen of vrijwel geen verandering	Matige verslechtering	Grote verslechtering

5.2.6 Water

In tabel 5.12 zijn de voor het aspect water de (voor de schermwand relevante) gehanteerde toetsingscriteria en de wijze van operationalisatie weergegeven.

Tabel 5.12 Relevante toetsingscriteria water

Aspect	Criterium	Operationalisatie
Water	Waterhuishouding	Kwalitatieve beoordeling (doorsnijding) waterstructuur
	Grondwaterkwantiteit/-kwaliteit	- Kwantitatieve beoordeling grondwaterstand ¹ - Kwalitatieve beoordeling m.b.t. grondwaterkwaliteit
	Grondwaterbeschermingsgebieden	Kwalitatieve beoordeling

¹ wijkt af van het MER Tweede Fase omdat de bouwfase met (retour)bemaling vraagt om een uitwerking in grondwatereffecten in de omgeving en daarmee inzicht in mogelijk effecten op landbouw en zettingen/ontwatering bij gebouwen.

Voor de vertaling van de effectanalyse naar de +/- beoordeling per deelgebied is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 5.13

Tabel 5.13 Beoordeling Water

Criterium aspect Water	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
waterhuishouding (doorsnijding)	Grote verbetering	Matige verbetering	Vrijwel geen verandering	Matige verslechtering	Grote verslechtering
Grondwaterkwantiteit/-kwaliteit:	Grote verbetering	Matige verbetering	Vrijwel geen verandering	Matige verslechtering	Grote verslechtering
grondwaterbeschermingsgebieden	Sterke beperking risico verontreiniging	Matige beperking risico verontreiniging	Kleine of geen verandering	matige vergroting risico verontreiniging	Sterke vergroting risico verontreiniging

5.2.7 Ruimtelijke kwaliteit

In tabel 5.14 zijn de voor het aspect Ruimtelijke kwaliteit de (voor de schermwand relevante) gehanteerde toetsingscriteria en de wijze van operationalisatie weergegeven.

Tabel 5.14 Relevante toetsingscriteria ruimtelijke kwaliteit

Aspect	Criterium	Operationalisatie
ruimtelijk kwaliteit	ruimte beslag	Aantal ha

Voor de vertaling van de effectanalyse naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 5.15.

Tabel 5.15 Beoordeling ruimtelijke kwaliteit

Criterium aspect ruimte	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
	N.v.t.	N.v.t.	0- 2 ha	2 - 5 ha	> 5 ha

5.2.8 Landschap en cultuurhistorie

In tabel 5.16 zijn de voor het aspect Landschap en cultuurhistorie de (voor de schermwand relevante) gehanteerde toetsingscriteria en de wijze van operationalisatie weergegeven.

Tabel 5.16 Relevante toetsingscriteria landschap en cultuurhistorie

Aspect	Criterium	Operationalisatie
Landschap	Verandering in openheid en zichtlijnen - kappen van bomen - geluidsscherm - grote zichtbare installaties op het werkterrein	Kwalitatief

Voor de vertaling van de effectanalyse naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 5.17.

Tabel 5.17 Beoordeling landschap en cultuurhistorie

Criterium aspect landschap	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
Landschap - openheid en zichtlijnen	Sterke verbetering	Matige verbetering	Kleine of geen verandering	Matige verslechtering	Sterke verslechtering

5.2.9 Archeologie

In tabel 5.18 zijn de voor het aspect archeologie de (voor de schermwand relevante) gehanteerde toetsingscriteria en de wijze van operationalisatie weergegeven.

Tabel 5.18 Relevante toetsingscriteria archeologie

Aspect	Criterium	Operationalisatie
archeologie	beïnvloeding van gebieden met hoge/middelhoge archeologische verwachtingswaarde	ha doorsnijding

Voor de vertaling van de effectanalyse naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 5.19.

Tabel 5.19 Beoordeling archeologie

Criterium aspect Verkeer	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
beïnvloeding van gebieden met hoge/middelhoge archeologische verwachtingswaarde	N.v.t.	N.v.t.	0 ha	0-1 ha	>1 ha

5.2.10 Duurzaamheid

Voor het aspect duurzaamheid zijn twee criteria uitgewerkt die relevant zijn voor de schermwand (immers, om de wand te realiseren is bentoniet/cement en beton nodig):

- CO₂-emissie, gevolgen voor het klimaat door de uitstoot van broeikasgas;
- verbruik van grondstoffen, gevolgen voor uitputting van de primaire grondstoffen.

In tabel 5.20 zijn de voor het aspect duurzaamheid de (voor de schermwand relevante) gehanteerde toetsingscriteria en de wijze van operationalisatie weergegeven.

Tabel 5.20 Relevante toetsingscriteria duurzaamheid

Aspect	Criterium	Operationalisatie
Duurzaamheid	Uitstoot broeikasgassen	Kwantitatief, op basis van CO ₂ -emissie (Dubocalc)
	Gebruik grondstoffen	Kwantitatief op basis van primair grondstoffengebruik

Voor de vertaling van de effectanalyse naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 5.21

Tabel 5.21 Beoordeling duurzaamheid

Criterium aspect Duurzaamheid	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
CO ₂ -emissie	Grote netto opname van CO ₂	Beperkte netto opname van CO ₂	Geen of vrijwel geen uitstoot	Beperkte uitstoot	Grote uitstoot
Gebruik grondstoffen	n.v.t.	n.v.t.	Geen of vrijwel geen primair grondstoffengebruik	Beperkt primair grondstoffengebruik	Groot primair grondstoffengebruik

5.3 Uitwerking bestuurlijke randvoorwaarden

In samenspraak met de Bestuurlijke Stuurgroep (BSG), waarin de directe omgevingspartijen zijn vertegenwoordigd (provincie Utrecht, gemeenten Utrecht, de Bilt, Bunnik, Nieuwegein, Houten) en Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR) zijn eisen en randvoorwaarden opgesteld om de uitvoering beheerst te laten verlopen en om potentieel negatieve effecten op de omgeving te voorkomen. De in de BSG vastgestelde bestuurlijke randvoorwaarden zijn van toepassing op alle mogelijke bouwmethoden en worden als eis opgenomen in het contract voor de aanbesteding.

Er zijn randvoorwaarden opgesteld voor (Rijkswaterstaat, oktober 2018 en mei 2019):

- Ruimte en ruimtelijke kwaliteit;
- Bodem en water;
- Natuur en ecologie;
- Woon-en leefmilieu;
- Cultuurhistorie;
- Economisch grondgebruik.

De in de BSG vastgestelde bestuurlijke randvoorwaarden zijn van toepassing op alle mogelijke bouwmethoden en zijn als eis opgenomen in het contract voor de aanbesteding.

De relevante randvoorwaarden in relatie tot de schermwand zijn vervolgens nader gespecificeerd voor een aantal aspecten voor (Rijkswaterstaat, oktober 2018 en mei 2019):

- grondwater in relatie tot waardevol groen (landgoed Amelisweerd);
- licht en geluid (omwonenden en natuur);
- bouwlogistiek.

In deze paragraaf worden deze randvoorwaarden nader toegelicht. Deze randvoorwaarden zijn zo nodig al verwerkt in het beoordelingskader.

5.3.1 Grondwater i.r.t. bomen in Amelisweerd

Tijdens de realisatiefase

Voor het bos Amelisweerd worden eisen gesteld aan grondwaterbeïnvloeding. De aanvullende eisen zijn gericht op het beheersen van het eerste watervoerende pakket (1^e wvp), en daarmee niet (direct) op het freatisch grondwaterpeil, omdat de impact van de bouwmethode ook direct op het 1^e wvp inwerkt. Beheersmaatregelen zijn gericht op het actief compenseren van grondwater door inbrengen (retourneren) of onttrekken van grondwater in het 1^e watervoerend pakket, direct buiten de schermwand.

Boven- en ondergrenzen grondwaterstanden

Als vertrekpunt worden de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) en Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) van de grondwatercontourkaarten van de Gemeente Utrecht uit 2013 gehanteerd als de boven- en ondergrenzen. Veelal zijn momenteel actuelere en meer gebied gebonden meetgegevens voorhanden. Aan de hand van beschikbare peilbuizen zal bij aanbesteding van het project een analyse gemaakt worden over de periode 2011-2020 van de grenzen die 2 % van de tijd onderschreden en 98 % van de tijd overschreden worden. Deze actuele gegevens zullen in de plaats komen van de Boven- en Ondergrenzen uit de grondwatercontourkaarten van de Gemeente Utrecht.

- er worden onder- en - bovengrenzen afgeleid op basis van de 2 % en 98 % waarden;
- er wordt onderscheid gemaakt tussen winter (geen groeiseizoen) en voorjaar en zomer (beide groeiseizoen). De grens tussen groeiseizoen en geen groeiseizoen moet nog nader worden vastgesteld.
- met behulp van de meetreeksen en het ontwikkelde grondwatermodel worden de Boven- en Ondergrenzen vlakdekkend gemaakt;
- er worden nog aanvullende eisen geformuleerd om te borgen dat de aannemer zo veel mogelijk de natuurlijke fluctuaties volgt, zodat de aannemer niet de beschikbare bandbreedte onnodig gaat opvullen. Ook wordt mogelijk gemaakt dat in perioden van droogte het grondwater juist wordt aangevuld.

Kwaliteit grondwater bij retourneren

De kwaliteit en de eigenschappen van grondwater dat wordt geretourneerd in de bodem, dient overeen te komen met de kwaliteit en eigenschappen van het grondwater in de natuurlijke situatie zoals dat voorkomt op de diepte waar het water in de bodem ingebracht wordt. In het bijzonder dient hierbij aandacht besteed te worden aan de eisen voor het zuurstofgehalte, ijzergehalte en ontgassing van het infiltratiewater, omdat zuurstof in combinatie met ijzer en gassen zorgen voor risico's op verstopping van de retourfilters. De exacte uitwerking van de eis wordt nader vormgegeven in overleg met Hoogheemraadschap Stichtse Rijnlanden (HDSR).

Monitoring

De aannemer richt een monitoringnetwerk in dat geschikt is om de complexe grondwatersituatie rond de verdiepte ligging, en in het bijzonder het bos Amelisweerd, te monitoren. Het systeem moet real-time, online inzicht bieden in de actuele freatische grondwaterstanden en stijghoogten van het 1e watervoerend pakket. Met dit systeem kan de aannemer direct ingrijpen om de stijghoogte (en daarmee de grondwaterstand) bij te sturen indien nodig.

Het systeem moet metingen verrichten met een frequentie van minimaal 1x per uur per meetpunt. Het systeem dient de meetreeksen 1x per uur volgens een nader te bepalen protocol in een nader te bepalen bestandsformaat automatisch te uploaden op een server van opdrachtgever. Elk meetpunt dient individueel op elk moment op afstand uitleesbaar te zijn. Het systeem moet een beschikbaarheid kennen van 98 % per meetpunt, waarbij een meetpunt maximaal 48 uur aaneengesloten niet-beschikbaar mag zijn. Hierbij geldt een maximum van 20 % van de meetpunten die gelijktijdig niet-beschikbaar mogen zijn. Naast monitoring van grondwaterstanden worden periodieke visuele waarnemingen uitgevoerd door een European Tree Technician gecertificeerde deskundige om de toestand van de bomen in het bos Amelisweerd te monitoren.

Na realisatie, tijdens de gebruiksfase

Maximale opstuwing

Ten gevolge van de realisatie van constructies (o.a. schermwand) voor de verbreding van de A27 kan een zekere mate van opstuwing (oostzijde, Amelisweerd) en verlaging (westzijde, Maarschalkerweerd) ontstaan. Deze opstuwing/verlaging wordt contractueel beperkt tot maximaal 10 cm op de Tracégrens (en dus steeds minder buiten het projectgebied) van de Ring Utrecht. Deze 10 cm is de praktische vertaling van 'geen significante verandering' uit de BSG memo (d.d.10 oktober 2018). Na de realisatie wordt er gemeten om vast te stellen of er grotere afwijkingen zijn dan de afgesproken 10 cm. Als blijkt dat de afwijkingen groter zijn zullen aanvullende maatregelen worden ontworpen om deze eis alsnog te borgen, zie paragraaf 9.1.2.

Monitoring

Na beëindiging van actieve grondwaterbeïnvloeding door bemalingen, wordt door Rijkswaterstaat nog 5 jaar gemonitord met een uitgedunde, maar adequate set peilbuizen, ook in meetfrequentie. Deze eis wordt nader uitgewerkt in overleg met de provincie, HDSR en de gemeente Utrecht.

5.3.2 Licht en geluid (omwonenden en natuur)

Licht

Voor het voorkomen van lichthinder tijdens de werkzaamheden is een aanvullende contracteis geformuleerd: Bouwlampen dienen zodanig opgesteld dat verlichting naar de bodem straalt en er geen hinderlijke uitstraling van verlichting is (hetgeen te vergelijken is met reguliere wegverlichting).

Geluid omwonenden

Ten aanzien van de geluideffecten op omwonenden is nader onderzoek gedaan naar de effecten van de bouwmethode (RHDHV (april 2019 en mei 2020)). De geluidseffecten worden in de volgende hoofdstukken van dit rapport nader toegelicht en onderbouwd. Conclusie uit de akoestische berekeningen is dat zonder een mobiel geluidsscherm bij een aantal panden in de nacht (en vaak ook in de avond) een overschrijding van de limiet plaatsvindt. Met een mobiel geluidsscherm of een containerwand is er geen overschrijding van de geluidslimieten. De toekomstig aannemer zal moeten voldoen aan de geluidslimieten en zo nodig gepaste maatregelen nemen.

Tussen Rijkswaterstaat en de gemeente Utrecht zijn aanvullend afspraken gemaakt over de toepassing van de 'Handhaafinstructie geluidhinder veroorzaakt door bouw- sloop- en renovatiewerkzaamheden' en een aantal aanvullend door toekomstig opdrachtnemer uit te voeren akoestische onderzoeken in relatie tot bouwlawaai en laagfrequent geluid.

A.

Ten aanzien van de geluidsniveaus tijdens de werkzaamheden voor de bouw van de diepwand dient voldaan te worden aan de 'Handhaafinstructie geluidhinder veroorzaakt door bouw- sloop- en renovatie werkzaamheden' Gemeente Utrecht, vastgesteld 24 februari 2015. In de Handhaafinstructie is voor zowel de avond- als de nachtperiode een tabel 'ontheftingsregime' opgenomen. Bij de toepassing van de Handhaafinstructie is met de gemeente overeengekomen dat deze tabellen zo gelezen mogen worden dat geluidsniveaus lager dan aangegeven in de betreffende linker kolom onbepaald mogen plaatsvinden. Continue bronnen zoals aggregaten worden afzonderlijk van de tabellen beoordeeld zoals opgenomen in de handhaafinstructie. De aannemer is verantwoordelijk voor het aanvragen en naleven van de geluidsontheffing.

B.

Door middel van een akoestisch onderzoek dient vooraf aangetoond te worden dat aan de geluidseisen voor bouwlawaai kan worden voldaan. Dit onderzoek dient minimaal 6 weken voor start werkzaamheden ter acceptatie aan Rijkswaterstaat te worden aangeboden. Zo snel mogelijk, maar uiterlijk 1 week, na start van de werkzaamheden dient in de representatieve bedrijfssituatie door middel van geluidmeting geverifieerd te worden of aan de uitgangspunten van het vooraf uitgevoerde akoestisch onderzoek wordt voldaan. Alle akoestische onderzoeken worden uitgevoerd volgens de 'Handleiding Meten en rekenen industrielawaai'¹. Zowel de mobiele bronnen als bronnen op het werkerrein moeten beoordeeld worden.

Indien gedurende het bouwtraject nieuwe of andere apparatuur of bouwtechniek wordt ingezet is deze eis onverminderd van toepassing vanaf het moment dat gebruik wordt gemaakt van nieuwe of andere apparatuur of bouwtechniek.

Indien blijkt dat ten opzichte van het eerdere onderzoek wijzigingen in de eerdergenoemde uitgangspunten zijn opgetreden wordt binnen een week na het aanleveren van de eerdere rapportage een aanvullende rapportage met mogelijke maatregelen en voorzieningen aangeleverd. Voorzieningen en maatregelen die voorgesteld worden moeten voldoen aan de criteria van Best Beschikbare Technieken.

C.

Door middel van een akoestisch onderzoek vooraf en metingen achteraf dient aangetoond te worden dat de eventuele scheidingsinstallaties t.b.v. de bouw van de diepwanden die zich op de werkerreinen begeven geen laagfrequent geluid produceren waardoor binnen in woningen de Vercammen-curve wordt overschreden. Met de Vercammen-curve wordt bedoeld de toetswaarde en meetprocedure²; zie tabel 5.22.

¹ De handleiding meten en rekenen industrielawaai is te vinden onder het volgende webadres:
<https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/brochures/2011/03/22/handleiding-meten-en-rekenen-industrielawaai/handleiding-meten-en-rekenen-inustrielawaai.pdf>

² Volledige beschrijving te vinden in 'Vercammen MLS, Heringa PH. Laagfrequent geluid; grenswaarden, overdracht en meten. Nijmegen: Adviesbureau Peutz & ass., 1990. Rapport R 548-13.1990'

Tabel 5.22 Toetswaarden Vercammen

	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	Hz
Vercammen 3-10% (binnen)	86	82	77	70	65	59	55	50	46	42	39	36	dB
Geluidwering standaard gevel	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	dB
Vercammen 3-10% vertaald naar buiten voor de gevel	91	88	84	78	74	69	66	62	59	56	54	53	dB

Geluid natuur

Ten aanzien van geluidseffecten op natuur is onderzoek uitgevoerd door Sweco (2019 en 2020). Met behulp van veldwerk is geïnventariseerd welke beschermde soorten voorkomen in het invloedsgebied (het gebied waarbinnen de geluidbelasting met 1dB of meer toeneemt als gevolg van de bouwmethode). Op basis van beschikbare kennis over soorten en geluid is beoordeeld/ingeschat in hoeverre de aangetroffen soorten geluidgevoelig zijn. De geluidseffecten op natuur (en eventuele noodzakelijke mitigerende maatregelen) worden in de volgende hoofdstukken in dit rapport nader toegelicht en onderbouwd.

5.3.3 Bouwlogistiek

De aanpak is gericht op het zoveel mogelijk beperken van de hinder als gevolg van bouwverkeer. Deze is verder uitgewerkt op basis van de nieuwe bouwwijze A27 verdiepte ligging. Uitgangspunt van de aanpak is de (top)eis dat alle bouwverkeer via het hoofdwegennet (HWN) moet plaatsvinden. Indien dit voor specifieke werkzaamheden niet mogelijk mocht zijn moet aannemer dit onderbouwen, de beoogde routes via het onderliggende wegennet (OWN) in beeld brengen en voorafgaand aan de werkzaamheden ter goedkeuring voorleggen aan de betreffende wegbeheerders. Daarnaast gelden enkele specifieke eisen, bijvoorbeeld dat het werkterrein 'voormalige stadskwakerij' alleen via het hoofdwegennet mag worden ontsloten. Daarnaast worden gegadigden via het gunningscriterium leefkwaliteit en milieu boven op de contracteisen uitgedaagd de hinder als gevolg van bouwverkeer te minimaliseren. In het kader van de inkoopstrategie wordt in afstemming met de gemeente en provincie bij de voorbereiding van de aanbesteding nader uitgewerkt hoe dit op een adequate wijze is geborgd.

6

REFERENTIESITUATIE VOOR GRONDWATER EN NATUUR

6.1 Nieuwste en gewijzigde inzichten

Door de actualisatie van het MER en de nieuwe procedure van de TB2020 is het mogelijk de nieuwste (gewijzigde) inzichten en gegevens mee te nemen voor wat betreft de huidige situatie. Zo is er beter inzicht verkregen in de ondergrond (bodempopbouw), grondwaterstanden en de vitaliteit van het bos Amelisweerd. Voor wat betreft de autonome ontwikkeling is uitgegaan van de huidige situatie, aangevuld met de inzichten uit het MER Tweede Fase.

Een beter inzicht in de bodempopbouw is verkregen door een in 2018 uitgevoerde pompproef, nader (veld)onderzoek in 2019 naar het voorkomen van de slecht doorlatende afzettingen van de Waalreklei Formatie (WAK1) op ca 65 m-mv, en de analyse van de calamiteiten onttrekking ter plaatse van waterproductielocatie Cornelis Biemond te Nieuwegein door Waternet in 2019. Deze nieuwe inzichten zijn verwerkt in een ondergrondmodel, die de basis vormde voor de ontwikkeling van een modelinstrumentarium voor de berekening van de huidige (referentiesituatie) alsmede van de hydrologische effecten als gevolg van de bouwvariant met schermwanden. Op basis van monitoring van grondwaterstanden is actueel inzicht verkregen in het grondwaterregime (incl. droge zomers van 2018 en 2019).

Een beter inzicht in de huidige vitaliteit van de bomen in Amelisweerd is verkregen door een in 2018/2019 uitgevoerd onderzoek door Deltares in samenwerking met specialisten van Wageningen Environmental Research (WEnR), Copijn Boomspecialisten B.V. en VanderSat B.V. (WEnR, december 2018) (Deltares, februari 2019) (Deltares, januari 2020)

Bovenstaande nieuwe inzichten zijn in de volgende paragrafen gebruikt en toegelicht.

6.1.1 Pomp- en retourbemalingsproeven

Samenvatting

In het kader van het geohydrologisch onderzoek voor het project A27 Ring Utrecht van Rijkswaterstaat zijn door Deltares in de eerste helft van 2018 pompproeven, stopproeven en retourproeven uitgevoerd op het terrein Tussen de Rails en deze proeven zijn tevens geanalyseerd. Het geohydrologisch onderzoek is ingezet na afstemming met belanghebbenden in het kader van de vergelijking van uitvoeringsmethoden met gebruik van bemalingsvarianten met of zonder retourbemaling, dan wel mét of zónder schermwand (Deltares, november 2018).

Ten behoeve van de proeven zijn in het eerste watervoerende pakket 2 pompputten, 1 traditionele retourput, 2 DSI retourstrengen en tientallen peilbuizen geplaatst. Tevens zijn 4 diepe pulsboringen tot circa NAP – 75 à 78 m gemaakt. De uitgevoerde boringen geven aan dat de zandlaag van de Formaties van Kreftenheije en Urk boven in het eerste watervoerend pakket bestaat uit grof zand waarin lokaal grindige lagen aanwezig zijn. Deze zandlaag is meer doorlatend dan het zand van de Formatie van Sterksel die hieronder voorkomt in het. Boven in de Formatie van Sterksel komen lokaal kleiige lenzen voor op wisselende diepte.

Het watertype in het eerste watervoerende pakket is anoxisch (ofwel zuurstofarm) grondwater van een calcium(magnesium)bicarbonaat houdend watertype, met een hoog ijzergehalte. De verwachting dat het grondwater in-situ zuurstofloos (anoxisch) is, hangt samen met de aanwezigheid van ammonium en afwezigheid van nitraat in het grondwater. Omdat de variatie van de concentraties over de diepte gering is op de onderzoek locatie, mag worden aangenomen dat hier geen verschil bestaat tussen ondiep en diep grondwater in het eerste watervoerende pakket.

Resultaat

Uit de pompproeven zijn de waarden van geohydrologische parameters afgeleid. De uitgevoerde proeven kenden het volgende resultaat:

- het doorlaatvermogen van het eerste watervoerend pakket bleek hoger dan eerst was afgeleid, namelijk $2.400 \pm 300 \text{ m}^2/\text{dag}$;
- de weerstand van de Waalre-klei formatie (Wak1) is groot (naar verwachting 2.000 dagen) en is mogelijk nog groter;
- de bergings-coëfficiënt is klein (naar verwachting $1,5 \cdot 10^{-3}$) zodat de reactiesnelheid van de grondwaterstijghoogte op veranderingen van onttrekkingen groot is;
- ook in de weerstand van de toplaag (naar verwachting 100 tot 250 dagen) zit een behoorlijk spreiding aangezien de locatie gesitueerd is op een overgang van een zandige toplaag in het oosten naar een gebied met komklei in het westen.

Uit de retourproef werden de volgende conclusies getrokken:

- op een traditionele retourput kon niet meer dan $50 \text{ m}^3/\text{uur}$ worden teruggebracht;
- uitgaande van een goede beheersing van verstoppingsprocessen kan per klassieke retourput waarschijnlijk niet meer dan $100 \text{ m}^3/\text{uur}$ worden teruggebracht in de ondergrond;
- de retourbemaling had te kampen met verstopping door ontgassing, die werd veroorzaakt door vrijkomen van gassen bij te lage drukken in het retourleidingsysteem;
- verstopping als gevolg van hoge ijzer- en kalkgehalten trad bij het toegepaste gesloten retour(leiding)systeem niet op. Klassieke retoursystemen moeten zo worden ingericht dat verstopping door ijzerneerslag en ontgassing wordt voorkomen, zodat de druk in de putten niet te hoog wordt;
- de capaciteit van DSI¹-retoursystemen waarin door hogere druk gasverstopping een minder grote rol speelt, komt uit op een debiet van 10 tot $30 \text{ m}^3/\text{uur}$ per filter in een streng die uit 8 filters was opgebouwd. De benodigde onderhouds-frequentie van DSI-systemen kon binnen de beschikbare onderzoekstijd niet worden achterhaald.

6.1.2 (Veld)onderzoek Waalre-klei (Wak1)

Samenvatting

De Waalre-klei formatie (Wak1) bevindt zich op een diepte van circa 58 á 70 m-NAP. Het maaiveld ligt circa 2 meter boven NAP. Om onderloopsheid van de schermwand te voorkomen wordt de schermwand tot in de Waalreklei formatie (Wak1) (circa 65 á 70 m-NAP) aangebracht. De 15 á 20 meter dikke laag met slecht doorlatende afzettingen in de top van de Waalre Klei formatie (Wak1) vormt een scheidende laag tussen het eerste en tweede watervoerende pakket. Om het verloop van de Waalreklei formatie (Wak1) tot een diepte van -80 meter in kaart te brengen, naast en onder de snelweg, is aanvullend grondonderzoek uitgevoerd bestaande uit diepe sonderingen en diepe boringen met peilbuizen. Met dit grondonderzoek is meer inzicht verkregen in de dikte van de WAK1 formatie en de geulstructuren daarin.

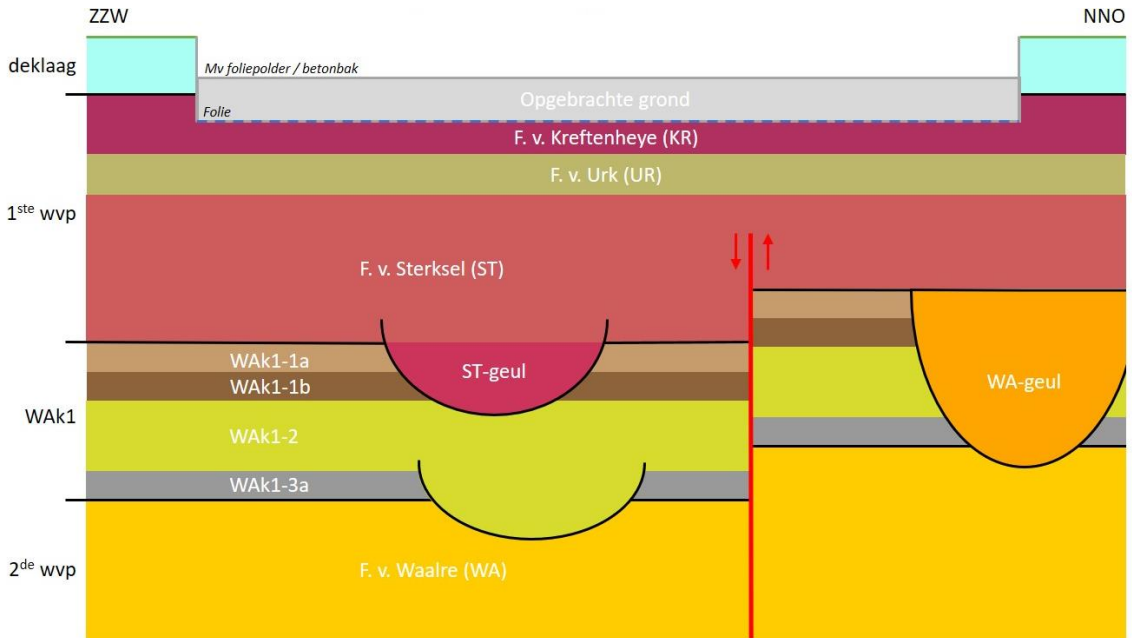
Resultaat

Uit dit grondonderzoek bleek dat de WAK1 formatie niet overal consistent is, er zijn lokaal watervoerende verstoringen aanwezig als gevolg van geulen. Deze geulen doorsnijden de kleilaag gedeeltelijk (Sterksel-geul) of geheel (Waalre-geul) (zie afbeelding 6.1) waardoor de verticale weerstand tegen grondwaterstroming afneemt. In tabel 6.1 zijn de grondlagen van WAK1 beschreven. De horizontale

¹ DSI staat voor Düsen Saugen Infiltration. Dit is een andere technologie van infiltreren van grondwater in de bodem dan de standaard retourbemaling.

verbreiding van de geulen binnen de polderconstructie is in afbeelding 6.2 weergegeven. Hieruit blijkt dat een relatief groot deel van de polderconstructie is gekenmerkt door aanwezigheid van de geulen, en daardoor belangrijk is voor de effectberekeningen.

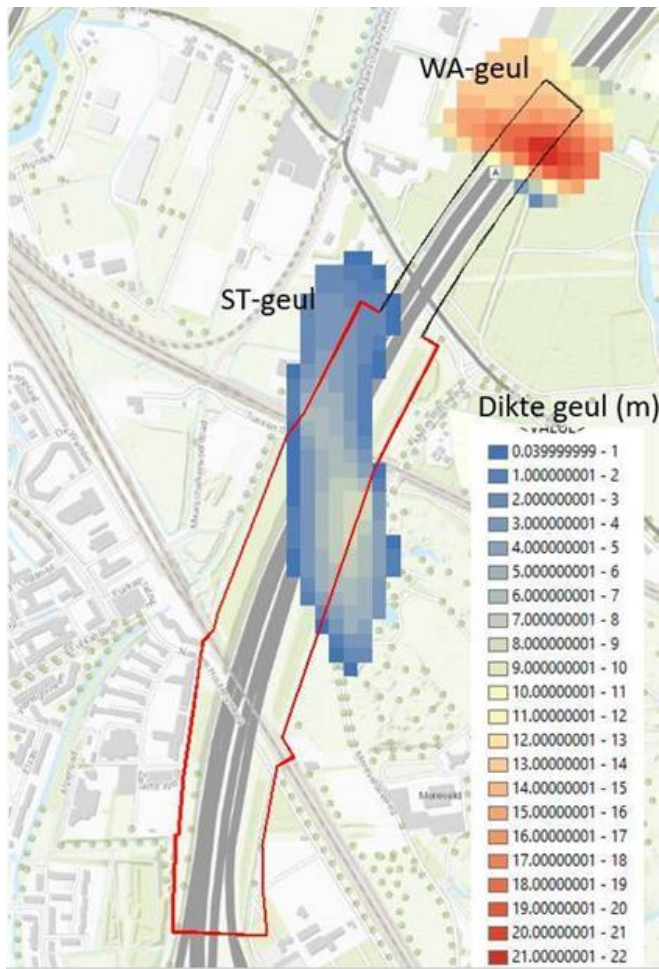
Afbeelding 6.1 Conceptueel ondergrondmodel met de geulen in de Waalre Klei (Wak1) (bron Deltares (mei 2020))



Tabel 6.1 Beschrijving Wak1 in ondergrondmodel

Laag	Beschrijving laag (Bron Deltares (mei 2020))
WAK 1, eenheid 1a	Grijze tot groengrijze leem, zeer homogeen, structuurloos
WAK 1, eenheid 1b	Grijze gelaagde siltige klei met enkele decimeters dikke lemige en fijnzandige inschakelingen
WAK 1, eenheid 2	Heterogeen, afwisseling van glimmerhoudend fijn zand, klei en veen. De basis van de 0,5 tot 2 m dikke fijn zandlagen is erosief. Het zand bevat cm-schaal horizontale gelaagdheid en soms graafgangen en wortelresten
WAK 1, eenheid 3a	Klei en veen met enkele dunne zandlagen. In de top van de klei is vaak een dunne bodem ontwikkeld. Klei is doorworteld
Waalre Geul (WA)	Geulstructuur die vnl. opgevuld is met fijn zand. In de geulen komen lagen voor die grotendeels bestaan uit verspoelde kleibrokken
Sterksel Geul (ST)	Geulstructuur die vnl. opgevuld is met fijn zand. In de geulen komen lagen voor die grotendeels bestaan uit verspoelde kleibrokken

Afbeelding 6.2 Horizontale verbreiding geulen binnen de Waalre formatie (WAK1) (bron Deltares mei 2020)



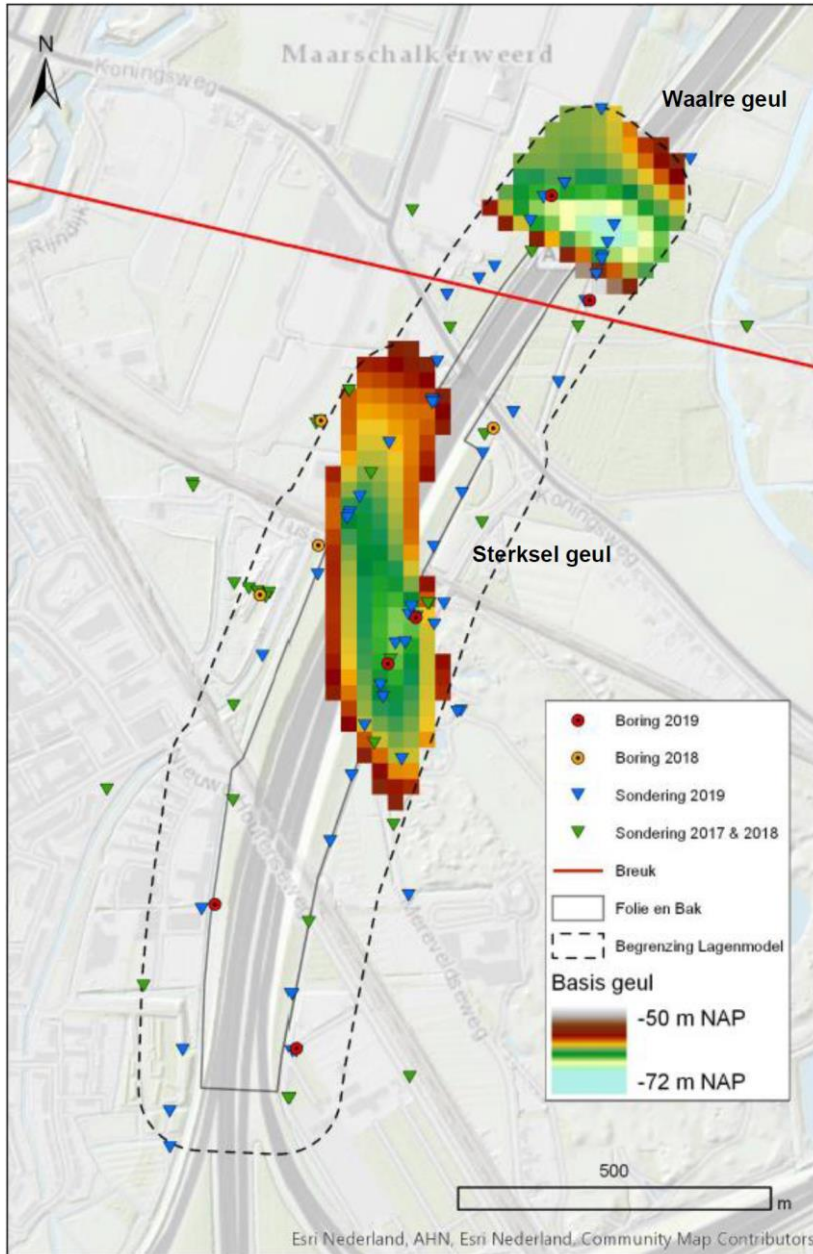
6.1.3 Calamiteitenonttrekking t.p.v. waterproductielocatie Cornelis Biemond te Nieuwegein

Samenvatting

In 2019 is ten behoeve van de bouw van modelinstrumentarium, informatie uit boringen en sonderingen verwerkt in een update van de geologische karakterisatie en kartering van de Waalre Klei formatie (WAK1) en het eerste watervoerend pakket rondom de projectlocatie. De ligging van de geulstructuren is getoond in de afbeeldingen 6.3 en afbeelding 6.4.

In juni 2019 heeft een zogenoemde calamiteitenonttrekking ter plaatse van waterproductielocatie Cornelis Biemond te Nieuwegein plaatsgevonden in verband met verontreinigingen op het Lekkanaal. Bij deze calamiteit heeft Waternet de mogelijkheid om grondwater te onttrekken uit het tweede watervoerende pakket, op enkele kilometers ten zuidwesten van het projectgebied A27. De onttrekking is gestart op 1 juni 2019 om 5:08 en is gestopt op 4 juni 2019 om 13:06. De onttrekking is daarmee circa 3 dagen in bedrijf geweest (met een gemiddeld debiet van 4.300 m³/uur). De interpretatie van deze calamiteitenwinning (vergelijken van de berekende en gemeten stijghoogtes boven en onder de Waalreklei formatie (WAK1)) heeft nader inzicht gegeven in de bandbreedte van de weerstand van de Waalreklei formatie (WAK1) ter plaatse van het projectgebied A27.

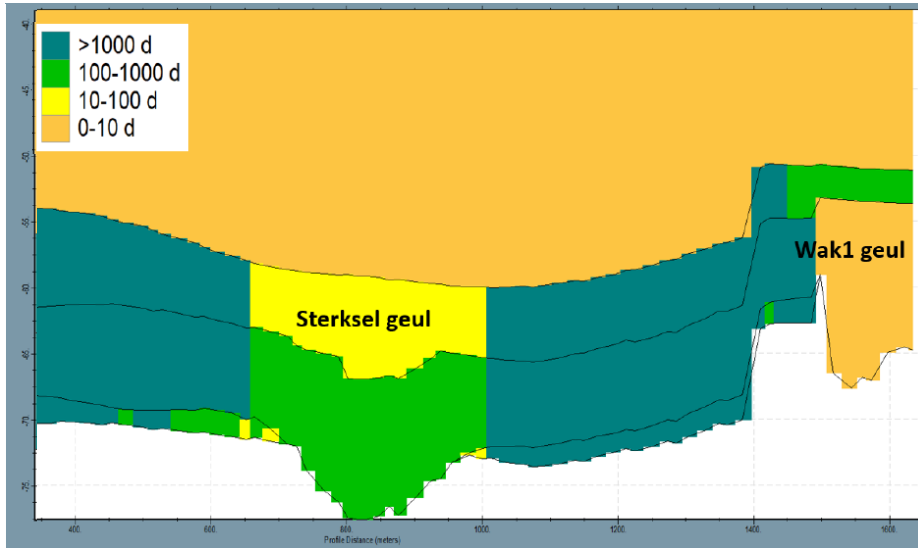
Afbeelding 6.3 Bovenaanzicht ligging geulstructuren binnen de Waalre formatie (WAK1) (bron Deltares (mei 2020))



Resultaat

De interpretatie van de calamiteitenonttrekking heeft geleid tot plausibele verwachtingswaarden en ondergrenzen van de bodemweerstand in de geulstructuren. Voor de Waalre geul volgt als schatting voor de maximale, gemiddelde en minimale weerstand respectievelijk circa 3.280, 380 en 80 dagen. Voor de Sterksel geul zijn deze waarden respectievelijk circa 11.070, 770 en 60 dagen. Deze waarden zijn verwerkt in het ondergrondmodel, zie afbeelding 6.4.

Afbeelding 6.4 Geulstructuren verwerkt in de ondergrondschematisering van het A27 lagenmodel (verwachtingswaarde weerstand)

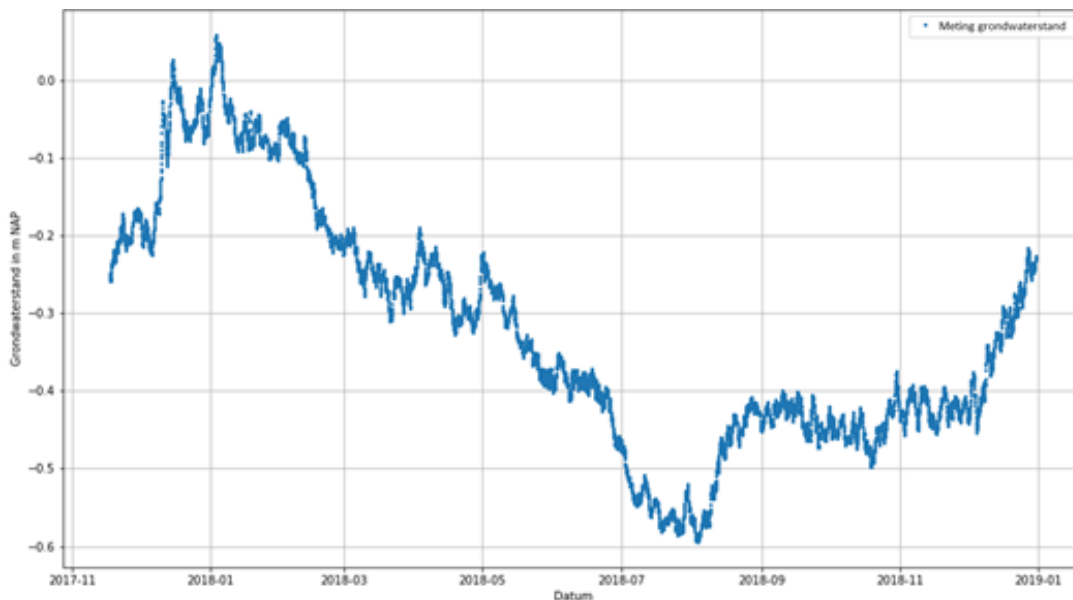


6.1.4 Grondwaterstandsmetingen

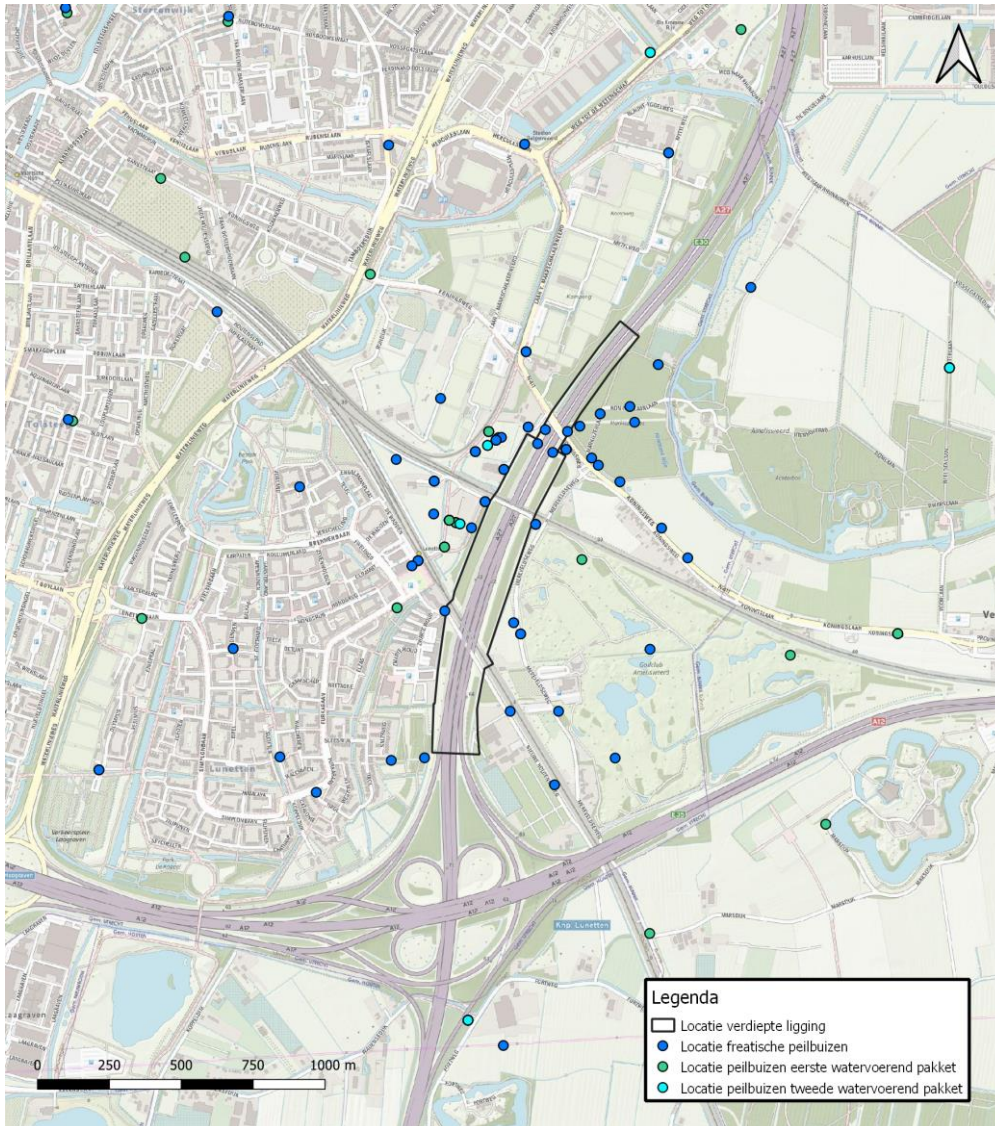
In het projectgebied is huidig een meetnet aanwezig. Dit meetnet omvat metingen in freatisch, eerste en tweede watervoerend pakket, zie afbeelding 6.6.

In afbeelding 6.5 is een voorbeeld van één van de peilbuizen gegeven met zijn meetreeks (tot begin 2019). Deze heeft de droge zomer van 2018 doorgemeten. Uiteraard wordt er doorgemeten en wordt er continu data verzameld. Dit betekent, dat op het moment de meetreeksen data bevatten tot begin januari 2020. Naast de peilbuizen geïnstalleerd rond eind 2017 en gegevens afkomstig van Dinoloket is gedurende de meetperiode het meetnet in het gebied Amelisweerd ook verder uitgebreid.

Afbeelding 6.5 Voorbeeld meting peilbuis Amelisweerd (incl. meting droge zomer 2018)



Afbeelding 6.6 Peilbuizen peilbuismetnet in en rond Amelisweerd



6.1.5 Vitaliteitsonderzoek Amelisweerd

Samenvatting

In Amelisweerd komen waardevolle elementen voor zoals eiken/essenbos, stinzenbeplanting en paddenstoelen. De vitaliteit van de bomen is afhankelijk van de grondwaterstand en de fluctuaties hierin. Bij verhoging van de grondwaterstand kan er zuurstofloosheid in de wortelzone optreden wat een negatief effect heeft op de vitaliteit. Bij verlaging van de grondwaterstand kan verdroging c.q. droogtestress optreden wat een negatief effect heeft op de vitaliteit. Paddenstoelen kunnen een belangrijke rol spelen in de afbraak van blad en levering van mineralen. De plantenvegetatie in Amelisweerd lijkt niet afhankelijk te zijn van de grondwaterstand. Er worden geen effecten van de verbreding van de A27 op de plantenvegetatie en paddenstoelen verwacht. Afgesproken is de focus te leggen op vitaliteit van de bomen.

Voor Amelisweerd geldt dat er een relatief groot areaal aan gesloten bos en boslanen aanwezig is, met een groot aantal oude (vaak > 150 jaar), dikke monumentale bomen. In het plan van aanpak 'Effecten Waardevol Groen' is besloten de analyse gefaseerd uit te voeren. Het rapport beschrijft de resultaten van fase 2a: vaststellen nulsituatie en autonome ontwikkeling van het bos. In de zomer van 2018 is een aantal deelonderzoeken uitgevoerd om de kwetsbaarheid van het bos voor grondwaterstandsverandering te analyseren. De deelonderzoeken betreffen: 1) de bodem; 2) het grondwater; 3) de vitaliteit en

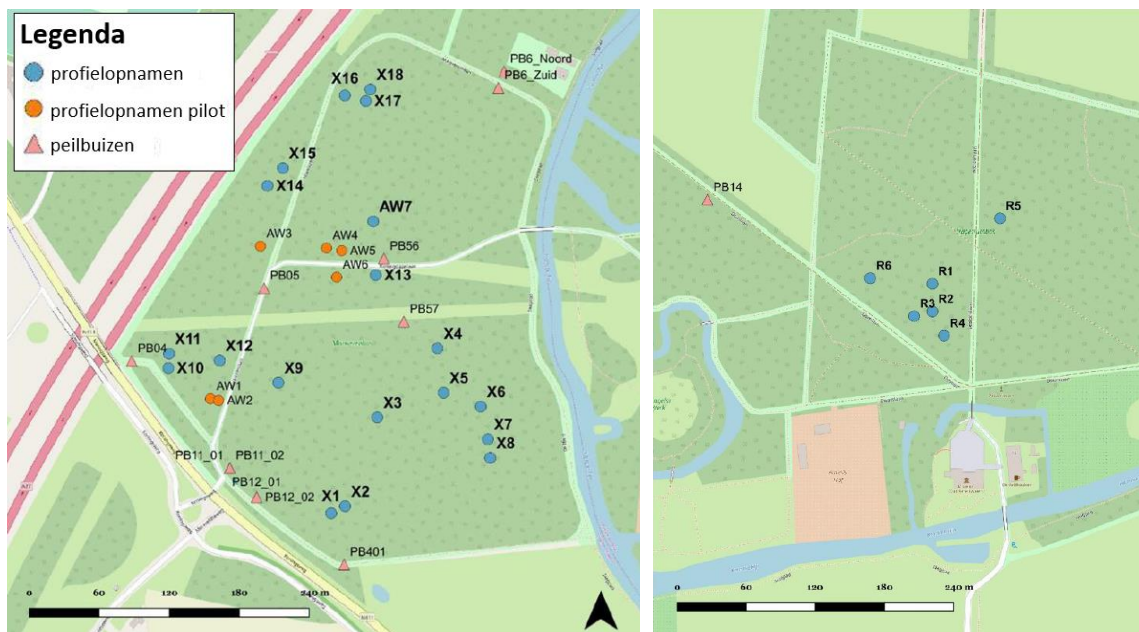
groeiontwikkeling van de bomen en 4) een jaarringonderzoek. Er zijn 25 bomen in het Markiezenbos op Nieuw Amelisweerd en 6 bomen in het Trapezium-bos op Oud Amelisweerd geselecteerd (= referentie) voor nader onderzoek. Het onderzoek is gericht op drie soorten: beuk (*Fagus sylvatica*), gewone es (*Fraxinus excelsior*) en zomereik (*Quercus robur*). (Deltares, februari 2019).

Resultaat

Bodem: Per boom is een profielsleuf gegraven om bodemeigenschappen te karteren zodat de kritieke z-afstand (Z_k) en het vochtleverend vermogen kan worden afgeleid. De kritieke z-afstand is de maximale afstand tussen het grondwater en de onderkant van de effectieve wortelzone, waarover een flux van 2 mm/dag nog net mogelijk is. In het algemeen is de profielopbouw vanaf maaiveld een overgang van lichte klei in de bovengrond naar zware klei in de ondergrond, waaronder weer een zandlaag ligt. De zwaardere kleilaag kan zeer stagnerend werken voor vocht/regenwater van bovenaf, maar ook een belemmering zijn voor de wortels. Er komt op korte afstand een grote variatie voor in begin- en einddiepte van de verschillende textuurlagen. Op 72 cm-mv tot 180 cm-mv begint de zandlaag bestaande uit grof en soms leemhoudend zand. De kritieke z-afstand (Z_k) varieert sterk met de profielopbouw en de diepte van de GLG. Het Markiezenbos heeft gemiddeld een grotere kritieke z-afstand dan het Trapeziumbos (respectievelijk 115 en 67 cm).

Grondwater: Begin 2018 zijn diverse peilbuizen geplaatst in en rondom het Markiezenbos in Amelisweerd (afbeelding 6.7). In deze peilbuizen wordt continu de grondwaterstand gemeten. De (korte) meetreeksen zijn gebruikt om het verloop van de grondwaterstanden te duiden en een vergelijking te maken tussen de laagste gemeten grondwaterstand en de kritische grondwaterstand voor de vochtvoorziening.

Afbeelding 6.7 Ligging peilbuizen (driehoekjes) en geselecteerde bomen met profielopnamen uit een pilot (oranje) en aanvullende opnamen (blauw) in het Markiezenbos (links) en het Trapeziumbos (rechts). In het Markiezenbos worden effecten verwacht van de wegverbreding



Het maaiveld aan de oostkant ligt rond de 1,6 tot 1,8 m+NAP en de westkant ligt hoger, tussen de 2,0 en 2,4 m+NAP. De maximale gemeten grondwaterstand in het Markiezenbos in 2018 bevond zich overwegend tussen 0,7 en 1,0 m+NAP, op de meeste plekken onder de onderkant van de kleiige bovenlaag. De laagst gemeten grondwaterstand in de droge zomer van 2018, bevond zich rond de 0,4 m+NAP. De laagste meting in peilbuis PB04 direct langs de A27 in het westen lag op 0,2 m+NAP en in de peilbuizen rond de Kromme Rijn in het oosten hoger tussen de 0,4 en 0,5 m+NAP. De grondwaterstand in het Markiezenbos neemt af met

een toename van de afstand tot de Kromme Rijn. Dit duidt op zomer infiltratie van water vanuit de Kromme Rijn. Naast deze zomer infiltratie is waarschijnlijk ook regionale kwel vanuit de Utrechtse heuvelrug van belang voor het bufferen van de grondwaterstand.

Een hoge grondwaterstand is in delen van het bos een aandachtspunt. De grond is hier in de wintermaanden regelmatig zompig en er heersen omstandigheden die voor veel boomsoorten ongunstig zijn. Het gaat hierbij vooral op het centrale deel van het Markiezenbos waar de populier is aangeplant. Op basis van het veldonderzoek is geconstateerd dat dit waarschijnlijk het gevolg is van de zeer compacte kleilaag die op sommige plekken vrij ondiep is aangetroffen. In natte tijden stagneert regenwater op deze laag en kan niet of slechts heel langzaam naar beneden infiltreren. Droogteverschijnselen en -schades bij bomen binnen het Markiezenbos zijn in het verleden niet gemeld of beschreven.

Vitaliteit en groeiontwikkeling van de bodem: Elke geselecteerde boom is in het veld op verschillende boomtechnische parameters onderzocht. Het gaat om afmetingen (stamdikte, boomhoogte, kroondiameter, hoogte van de onderste primaire en secundaire kroontakken) en conditie. Uit alle veldkenmerken is de vitaliteit van de boom afgeleid. De meeste onderzochte bomen vallen qua conditie binnen de categorieën goed en voldoende. Slechts enkele exemplaren zijn ingedeeld binnen de categorie matig. Dit conditiebeeld is representatief voor grote delen van de onderzochte zones binnen het onderzochte Markiezenbos en het Trapeziumbos.

Jaarringonderzoek: Per boom is een jaarringanalyse uitgevoerd. De jaarringreeks van een boom bevat informatie over de leeftijd en de groeidynamiek van een boom. Abrupte veranderingen van het groeiniveau (meerjarige groeidepressies of groeisputten) duiden op veranderingen in omgevingscondities (veranderingen in grondwaterstanden of vrijstelling) die invloed hebben op de algehele vitaliteit van de bomen.

- analyse van de korte en lange termijn groeidynamiek van eiken, essen en beuken in het Markiezenbos en Trapeziumbos in Amelisweerd laat geen verband zien met de verlaging van grondwaterstanden in de jaren 1980 of de verhoging van het peil in de Kromme Rijn eind jaren 1990;
- de jaarringpatronen van alle onderzochte bomen wijzen niet op een verlaagde vitaliteitsstatus in de laatste decennia of jaren.

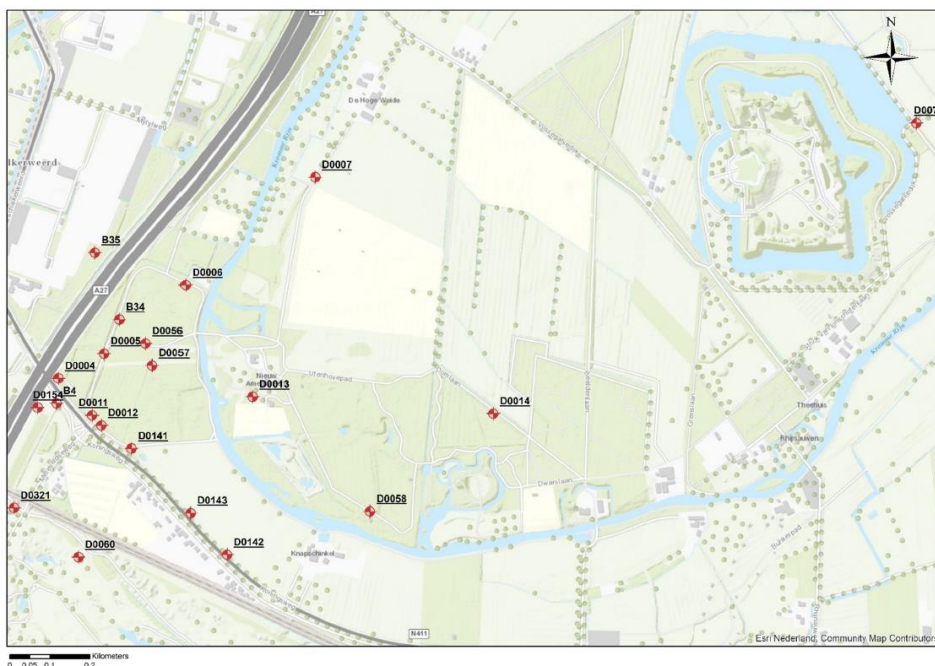
Samenvatting rapport Deltares (februari, 2019)

Deltares (februari, 2019) doet verslag van metingen aan 25 bomen in het Markiezenbos op Nieuw Amelisweerd en 6 bomen in het Trapezium-bos op Oud Amelisweerd (= referentie) voor het bepalen van de nul situatie en de autonome ontwikkeling van het bos. Deze metingen zijn in 2019 voortgezet en uitgebreid (Deltares, november 2018). Vanwege de vernietiging van het Tracébesluit is besloten de werkzaamheden te beperken tot activiteiten gericht op het volgen van de natuurlijke ontwikkelingen in 2019 en 2020 na de uitzonderlijke droogte in 2018.

In het kader van de monitoring in 2019 zijn bij dezelfde 30 bomen op meerdere momenten in het groeiseizoen waarnemingen gedaan betreffende de bladstand, de groei binnen de kroon, de vorming van dood hout en andere opvallende aspecten waaruit af te leiden valt hoe een boom zich ontwikkelt. Van alle 30 bomen die binnen het onderzoek en de monitoring worden gevolgd is een factsheet samengesteld met de boomtechnische gegevens (nulopname juni 2018), de ontwikkelingen in 2019, de opbouw van de bodem en het wortelstelsel en de ontwikkeling van de groeiringsdiktes

Op een viertal locaties (AW2, AW7, X1 en X14) zijn in oktober 2018 bodemsondes geplaatst met 6 meetringen per sonde om het verloop van de bodemvochtgehalten in de tijd te kunnen monitoren. Tevens zijn deze locaties voorzien van een ondiep peilfilter. In 2019 is het grondwatermeetnet rond de A27 verdiepte ligging verder uitgebreid (afbeelding 6.8). In deze peilbuizen wordt continu (elk uur) de grondwaterstand gemeten.

Afbeelding 6.8 Overzicht monitoring netwerk grondwaterstanden Amelisweerd en directe omgeving in 2019



Resultaat

De lange en vrij extreme droogte in de zomer van 2018 leidde geruime tijd niet tot zichtbare effecten binnen het bos, maar vanaf eind juli waren vooral in het zuidwestelijke en westelijke deel van het Markiezenbos her en der symptomen te zien die mogelijk veroorzaakt waren door droogte(stress). Wat de essen betreft was er door het hele Markiezenbos verdeeld sprake van een vrij hoge aantastingsdruk door de essentaksterfte. Aan de terugstervende kronen van veel exemplaren is te zien dat de ziekte hier al vele jaren leidt tot achteruitgang en sterfte. Het door het hele Markiezenbos aangetroffen beeld rond essentaksterfte kon niet gerelateerd worden aan droogtestress.

In de nazomer 2018 lieten met name beuken symptomen zien van droogtestress. In 2019 kwamen de beuken in 2019 opvallend goed en vroeg in blad. Het goede conditiebeeld weerspiegelt zich ook in de resultaten van de jaarringmetingen.

De eiken begonnen in het voorjaar in het hele Markiezenbos vrij laat met uitlopen. De bladontwikkeling liep vervolgens zeer traag en leidde bij veel exemplaren tot een opmerkelijk beeld. Vooral in de hogere kroondelen bleef het blad na de eerste fase van openvouwen als het ware stilstaan. In de loop van de zomer trokken veel eiken geleidelijk nog bij. Ondanks de matige bladstand bleef de vorming van dood hout beperkt. In de (visuele) conditiebeoordeling hebben de eiken vergelijkbaar als in 2018 gescoord.

Net als de eiken kwamen de essen vrij laat en met vertraging in blad. Eind mei was dit proces nog niet afgesloten en was het blad bij veel essen nog klein en licht. Pas begin augustus was er sprake van een 'normaal' beeld. In totaal zijn diverse essen qua conditie iets lager ingeschaald dan in 2018.

In 2019 viel verder op dat in de zoom aan de zuidwestkant van het Markiezenbos diverse beuken staan die snel achteruitgaan en waar kroonsterfte in enige omvang plaatsvindt. Hier zet de ontwikkeling door die zich al in 2018 had aangeduid. De droogtestress door de vrij extreme weersomstandigheden in 2018 is hier naar verwachting een factor geweest.

Analyse van de jaarringen laten zien dat beuken en essen in 2019 een herstel van de groei laten zien, ondanks dat de droogte en het vochttekort van de bodem tot in het voorjaar van 2019 standhield. De eiken laten gemiddeld geen duidelijke negatieve groeireactie in 2018 zien. De essen reageren wel met een groeidepressie op de droge condities in 2018, maar minder sterk dan de beuk.

Het gemeten bodemvochtgehalte blijven op alle locaties gedurende het gehele jaar nagenoeg onder de 0.5 m³/m³, uitgezonderd locatie X14. Voor locatie X14 treedt (bijna) volledige verzadiging op vanaf een diepte van 80 cm onder maaiveld en is het hoogst gedurende de zomermaanden. Dit wordt veroorzaakt doordat de grondwaterstand tot begin augustus op deze locatie ondieper is dan 100 cm onder maaiveld.

Het gebied direct ten oosten van de A27 ligt circa 0,5 m lager dan de rest van het landgoed waardoor de grondwaterstand dicht onder maaiveld ligt. Dit is ook zichtbaar uit de metingen bij locatie X14 waar de bewortelingsdiepte van de gemonitorde zomereik (Quercus) tot in het grondwater reikt. De bomen in dit gebied zijn als gevolg van deze landschappelijke eigenschap mogelijk kwetsbaarder voor vernatting van het gebied.

6.2 Referentiesituatie grondwater

6.2.1 Grondwatermodel

Voor het kunnen berekenen van de grondwatereffecten van de verbreding van de verdiepte ligging en het kunnen analyseren van de invloed van mitigerende maatregelen op de grondwaterstand in de omgeving is een grondwatermodel ontwikkeld. Dit grondwatermodel geeft in relatie tot de MER-actualisatie verdiepte ligging voldoende inzicht in:

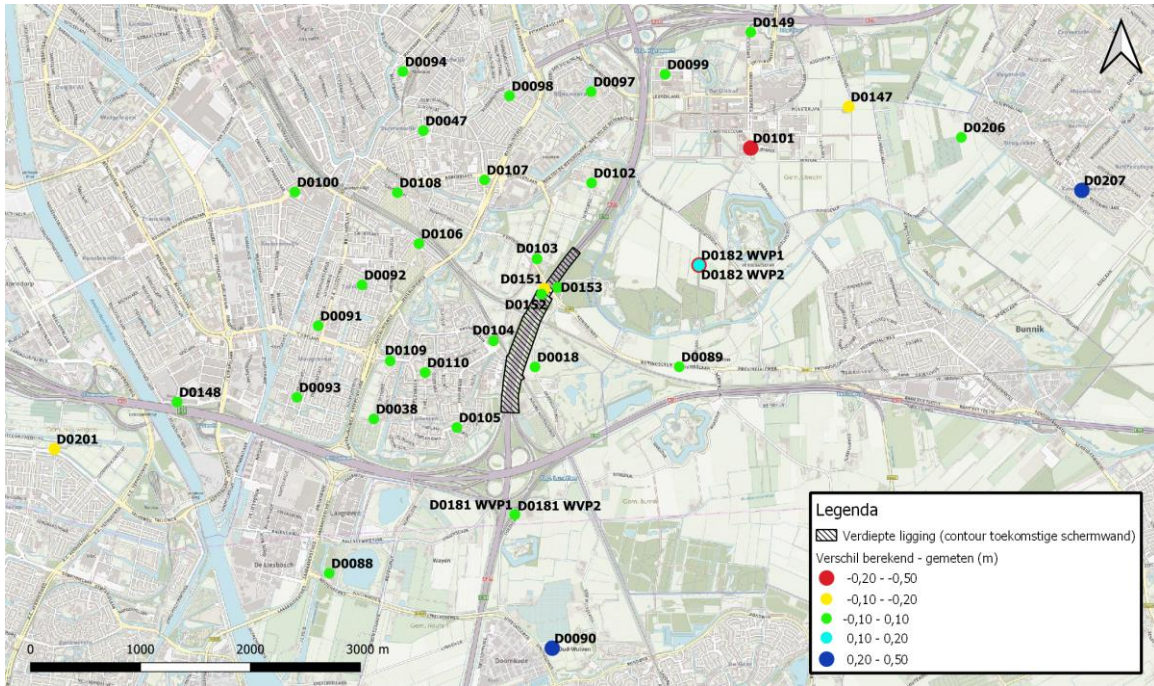
- grondwatereffecten van de bouwmethode bemaling;
- beheersbaarheid van de grondwatereffecten middels mitigerende maatregelen.

Het ontwikkelde grondwatermodel is beschreven in een separaat bijlagerapport Rijkswaterstaat (mei 2020). Er is gebruik gemaakt van het Ondergrondmodel van Deltares (mei 2019). In dit Ondergrondmodel zijn de nieuwste inzichten uit de pompproef, onderzoeken naar de geulen in kleilaag (Wak1) en de calamiteitenproef verwerkt. Het ontwikkelde grondwatermodel is getoetst aan de beschikbare gemiddelde meting van peilbuizen met een minimale reeks van 3 jaar tussen 2008 en 2018. De modelperiode loopt van 2005 tot en met 2017. Als eerste toets van deze reeksen is de gemiddelde meting bepaald en vergeleken de het berekend gemiddelde voor de huidige situatie. De resultaten van de toets gemeten versus berekend is gegeven in afbeelding 6.9 (de zogenaamde 'bollenkaart') en Afbeelding 6.10. Een bollenkaart is een gebruikelijke wijze om het verschil tussen berekende en gemeten grondwaterstanden te presenteren. Als het verschil kleiner is dan +/- 10 cm (groen stippen) presteert het model goed. Uit de bollenkaart blijkt dat het model ter plaatse van de verdiepte ligging goed presteert. Slechts enkele meetpunten op grotere afstand van het focusgebied van de verdiepte ligging, tonen een afwijking groter dan +/- 20 centimeter. De grafiek toont eveneens een goede overeenkomst van gemeten en berekend over alle peilbuizen.

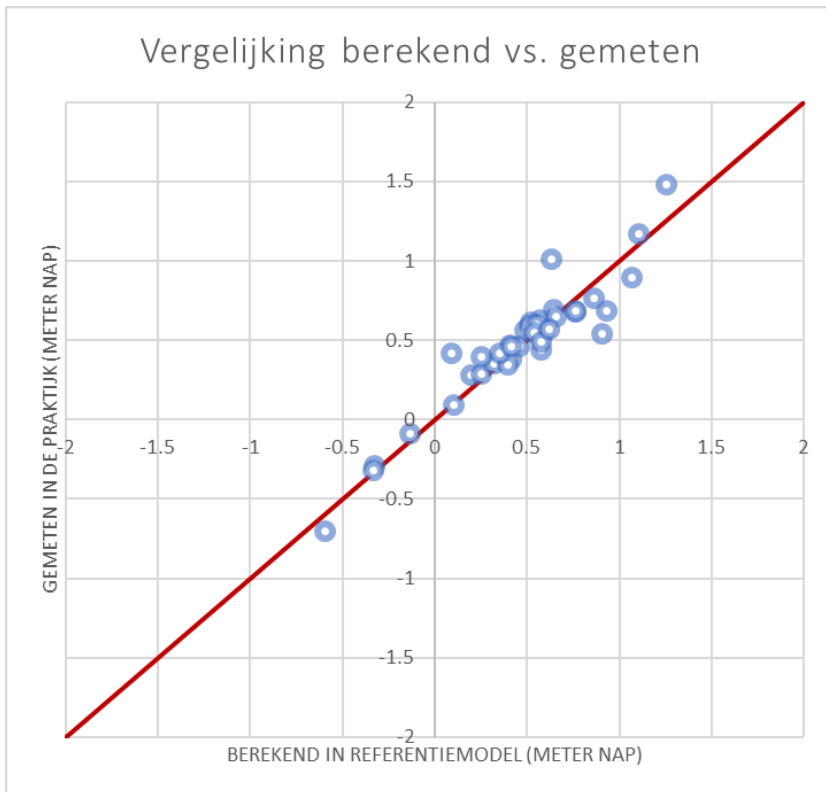
Een tweede toets van het model is gebaseerd op de metingen in de watervoerende pakketten tijdens de calamiteiten onttrekking ter plaatse van waterproductielocatie Cornelis Biemond te Nieuwegein. De tweede toetsing is uitgevoerd aan de hand van de berekende en gemeten stijghoogte in de diepe peilbuisfilters rond de verdiepte ligging, zie Afbeelding 6.11. In Tabel 6.2 zijn de gemeten en berekende stijghoogte in het eerste en tweede watervoerend pakket weergegeven. Uit de tabel blijkt dat de berekende stijghoogten goed overeenkomen met de metingen, het verschil bij alle peilbuizen is kleiner dan 0,1 m. Hierbij wordt de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket hoger berekend dan gemeten en in het tweede watervoerend pakket is dit andersom (de berekende stijghoogte is lager dan de gemeten waarde).

Vanwege het geringe verschil tussen de gemeten en berekende stijghoogte voor beide toetsen (<0,1 m) is het grondwatermodel geschikt voor de effectberekeningen. Het grondwatermodel rekent zeer nauwkeurig en voor de beoordeling van effecten wordt gewerkt met het superpositiebeginsel, waardoor afwijkingen in de regel een orde kleiner zijn.

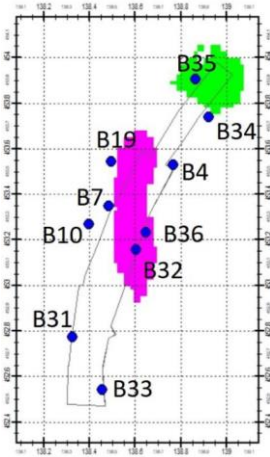
Afbeelding 6.9 Bollenkaart peilbuizen rondom verdiepte liggen watervoerend pakket 1 en 2



Afbeelding 6.10 Grafiek gemiddelde gemeten waarde langjarige reeksen (minimaal 3 jaar) versus referentiemodel



Afbeelding 6.11 Locatie diepe peilbuisfilters t.p.v. Verdiepte Ligging A27 (bron Deltares (mei 2020))



Tabel 6.2 Gemeten en berekende stijghoogte tijdens de calamiteitenproef

Peilbuis	Gemeten (m NAP)	Berekend (m NAP)	Vershil (m)
WVP1 (B4, B7, B10, B19 en B31 gedurende einde calamiteiten onttrekkingsdebiet; B31, B34 en B35 na herstelperiode)			
B4	0,52	0,62	+0,10
B7	0,47	0,53	+0,06
B10	0,42	0,51	+0,09
B19	0,49	0,54	+0,05
B31	0,37	0,40	+0,03
B33	No data	-	-
B34	0,54	0,61	+0,07
B35	0,47	0,49	+0,02
WVP2 (B7, B10, B19 en B31 gedurende einde calamiteiten onttrekkingsdebiet; B34 en B35 na herstelperiode)			
B7	-0,70	-0,75	-0,05
B10	-0,80	-0,81	-0,01
B19	-0,53	-0,60	-0,07
B31	-1,07	-1,08	-0,01
B33	No data	-	-
B34	-0,49	-0,52	-0,03
B35	-0,41	-0,47	-0,06

De Gemiddeld Laagste Grondwaterstanden (GLG) en Gemiddeld Hoogste Grondwaterstanden (GHG) zijn af te leiden uit de modellering. Deze GxG's zijn gebaseerd op de modelperiode 2005 tot en met 2017. Deze periode omvat zowel zeer natte, zeer droge als gemiddelde weerjaren.

Weerstand in de geulen

Door de interpretatie van de calamiteitenwinning en resultaten uit geologisch en geotechnisch onderzoeken heeft Deltares verwachtings- en minimale waarden van de doorlatendheden binnen de geulstructuren van de Waalreklei formatie (WAK1) kunnen afleiden. De verwachtingswaarden en minimale waarden voor de weerstanden binnen de geulstructuren zijn vermeld in tabel 6.3.

Tabel 6.3 Verwachtings- en minimale weerstanden voor de geulen in de Waalreklei formatie (WAK1)

	verwachtingswaarde	minimale waarde (worst-case)
Waalre geul	380 dagen	80 dagen
Sterksel geul	770 dagen	60 dagen

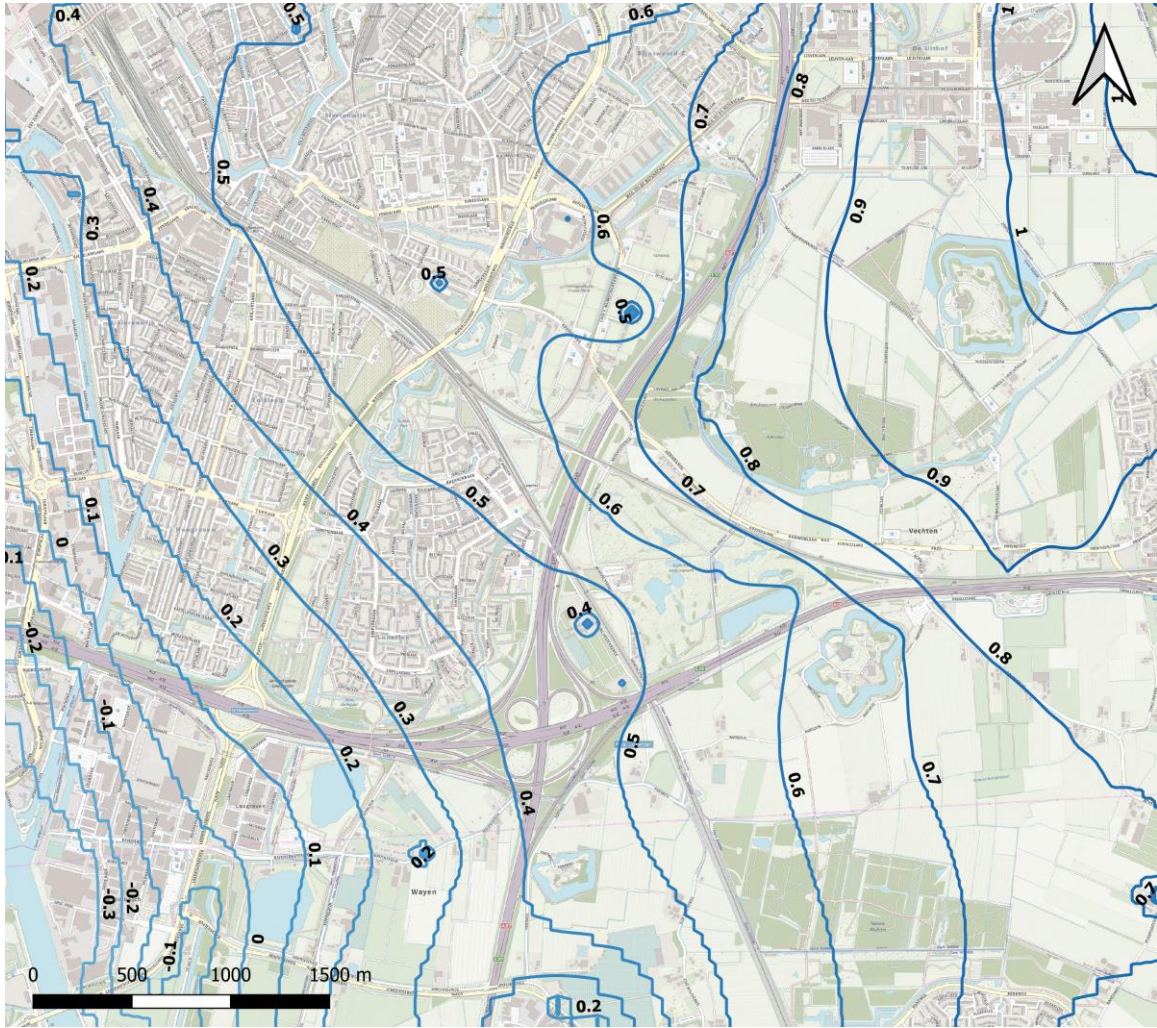
6.2.2 Grondwaterstanden

Het ontwikkelde (mer-)model beschrijft de huidige situatie en is gebruikt als referentie voor de effectbepaling van de schermwand. In deze referentiesituatie vindt de realisering van het project A27/A12 Ring Utrecht niet plaats. De huidige situatie vormt het referentiepunt voor de effectbeschrijvingen en -vergelijkingen.

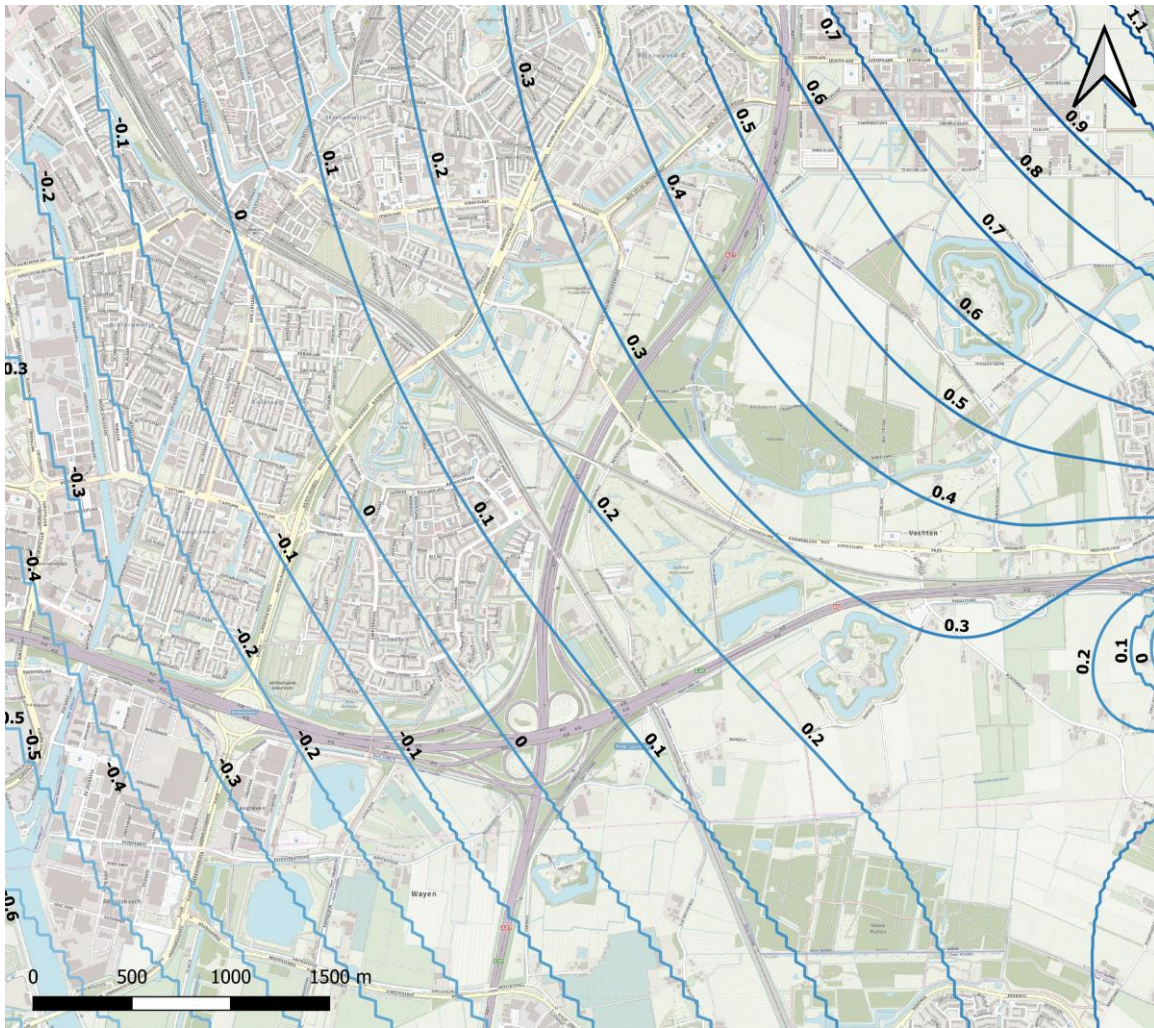
De met het grondwatermodel berekende gemiddelde stijghoogten (GG) zijn weergegeven in afbeelding 6.12 en afbeelding 6.13. In de afbeeldingen 6.14 en 6.15 zijn de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en Gemiddelde Laagste Grondwaterstand (GLG) gepresenteerd (middels standaard berekening GxG's: middeling 3 hoogste en 3 laagste per over de modeljaren).

Opgemerkt wordt dat de met het grondwatermodel berekende isohypsen volgen uit een validatie aan een 'meest complete' en recente peilbuizen dataset.

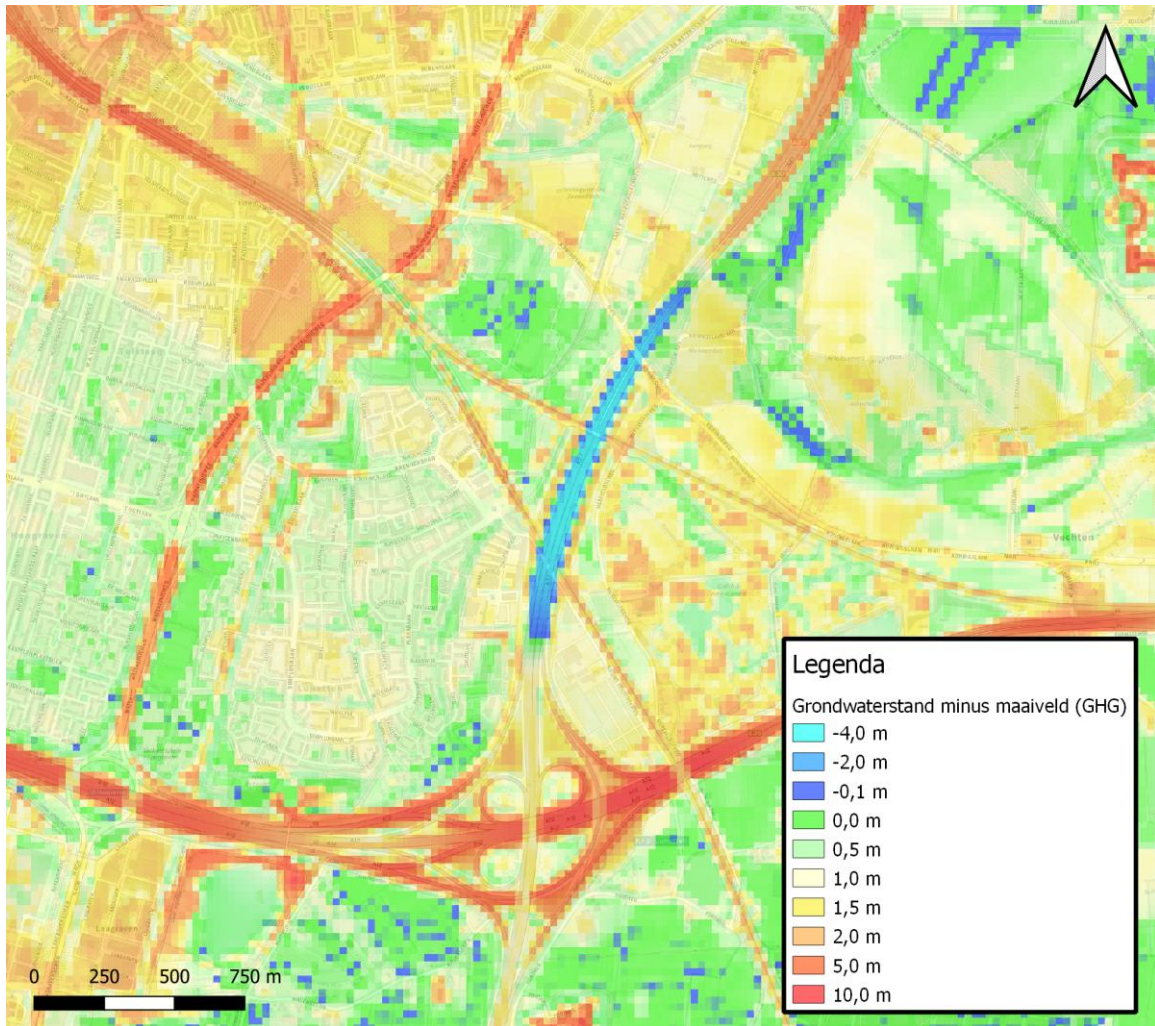
Afbeelding 6.12 Gemiddelde stijghoogte (GG) eerste watervoerend pakket in m NAP (referentiesituatie)



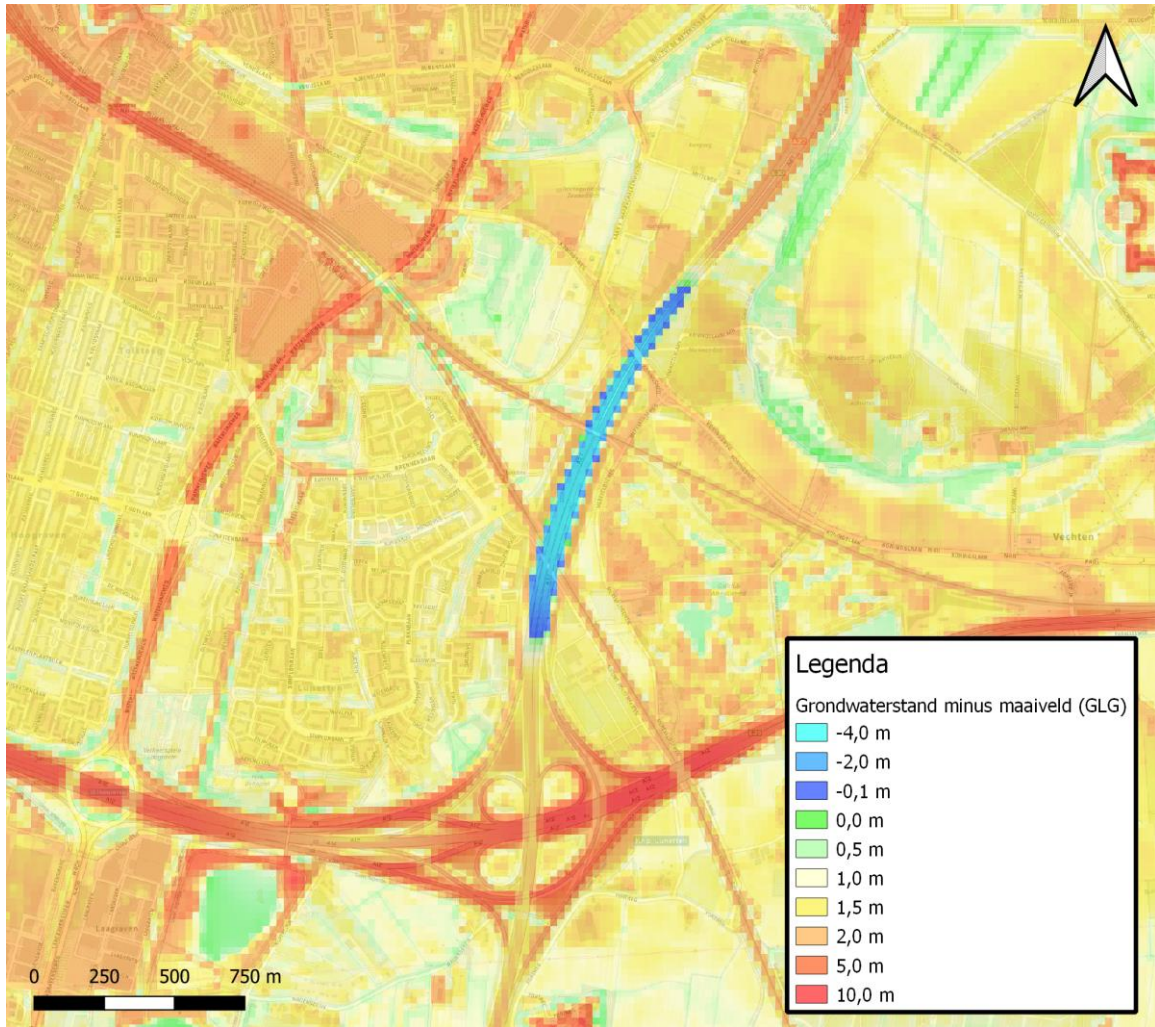
Afbeelding 6.13 Gemiddelde stijghoogte (GG) tweede watervoerend pakket in m NAP (referentiesituatie)



Afbeelding 6.14 Berekende GHG in m -mv (referentiesituatie)



Afbeelding 6.15 Berekende GLG in m -mv (referentiesituatie)



6.3 Referentiesituatie bos en stedelijk groen

6.3.1 Amelisweerd en de wijk Lunetten incl. park de Koppel

De referentiesituatie voor bos en stedelijk groen richt zich op het bos Amelisweerd (incl. Maarschalkerweerd) en de wijk Lunetten met stedelijk groen en Park de Koppel.

Amelisweerd

Langs het tracé ligt het 200 jaar oude landgoed Amelisweerd. Het westelijk deel, wat grenst aan de A27, heet het Markiezenbos wat wordt gedomineerd door oude exemplaren (zomer)eik, beuk en gewone es. Sinds 2010 is in het Markiezenbos sprake van de ziekte 'essentaksterfte' waardoor gewone es afsterft. Op de vrij gevallen plekken breidt gewone esdoorn zich uit.

Het Markiezenbos wordt in het oosten begrensd door de Kromme Rijn. Het Markiezenbos staat op een laag rivierklei bovenop een (grof) zandpakket. Soms is de zandlaag leemhoudend. De begindiepte van de zandlaag varieert sterk, van 72 cm-mv tot 180 cm-mv. De kleilaag kan bestaan uit zeer zware klei waarop regenwater blijft stagneren. Hier kunnen ongunstige groeiomstandigheden ontstaan voor het bos, met name na natte wintermaanden.

De grondwaterstand varieert afhankelijk van de hoogte van het maaiveld en ligt gemiddeld circa 1,5 m beneden maaiveld. De gemiddelde variatie in grondwaterstanden is relatief klein (verschil minimale en maximale waarde circa 0,5 m) vermoedelijk doordat het uitzakken van grondwaterstanden wordt gebufferd door regionale kwel vanuit de Utrechtse Heuvelrug en door infiltratie vanuit de Kromme Rijn gedurende zomerperioden.

Park de Koppel

Park de Koppel ligt meer zuidelijk bij knooppunt Lunetten. Het is een zeer jong parkbos wat ligt in een natuurlijke laagte (oud-Wulverbroekwetering). Door de lage ligging van het maaiveld is de bodem in delen van het park veelal nat.

Stedelijk groen

De situatie voor stedelijk groen rondom het tracé varieert sterk met delen die qua maaiveld relatief laag liggen tot delen op oude verdedigingswerken, buiten het bereik van de regionale grondwaterstand.

6.3.2 Wezenlijke kenmerken en waarden NNN

De referentiesituatie voor de wezenlijke kenmerken en waarden van het NNN richt zich op de gebieden rond de bouwlocatie van de schermwand. De ligging van het NNN en het (project)gebied zijn aangegeven in de afbeeldingen 6.16a en 6.16b. Het vigerende provinciale natuurbeheerplan is Natuurbeheerplan 2020 (Provincie Utrecht, april 2019). Dit document bevat een beschrijving van doelen, gebiedsbeschrijvingen, en een verwijzing naar de kaart met natuurbeheertypen. Een expliciete verwijzing naar de wezenlijke kenmerken en waarden (WKW) van Amelisweerd is in het provinciale natuurbeheerplan niet opgenomen. Wel bevat het natuurbeheerplan een gebiedsbeschrijving van het Kromme Rijngebied. Amelisweerd ligt in het Kromme Rijngebied en vormt daar qua oppervlak slechts een klein deel van. Het Kromme Rijngebied beslaat namelijk de hele zuid-westflank van de Utrechtse Heuvelrug, inclusief de Langbroekerwetering, tot aan de Lek. De beschrijving in het Natuurbeheerplan 2020 is daardoor niet specifiek voor Amelisweerd.

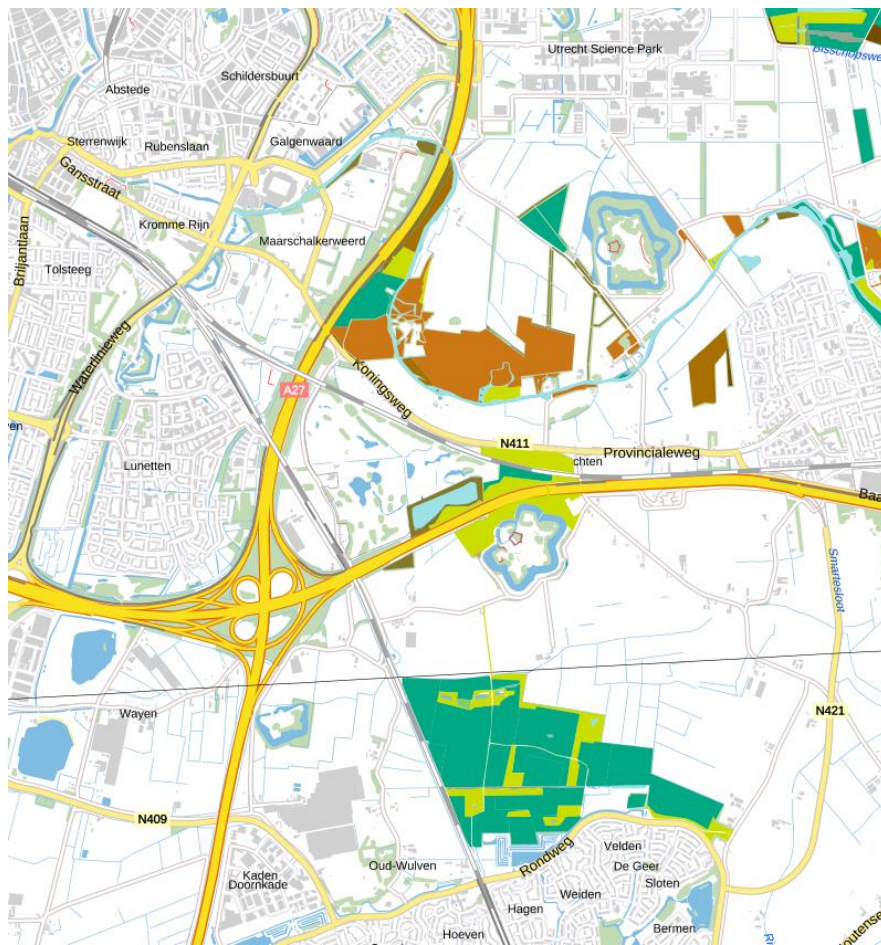
Bij de provincie is navraag gedaan of er een beschrijving van de wezenlijke kenmerken en waarden voor het NNN, en specifiek Amelisweerd beschikbaar is. De navraag leverde een doorverwijzing op naar het Natuurbeheerplan 2020 en de NNN wijzer, maar geen specifieke informatie ten aanzien van de WKW van

Amelisweerd. Ook is de website van BIJ12¹ geraadpleegd voor informatie over de kwaliteit van natuurbeheertypen die zijn aangetroffen in het projectgebied (<https://www.bij12.nl/onderwerpen/natuur-en-landschap/index-natuur-en-landschap/>). Daarnaast is aanvullende literatuur geraadpleegd relevant in relatie tot de WKW van Amelisweerd.

In het natuurbeheerplan 2020 wordt ingegaan op de natuur- en landschapsdoelstellingen per gebied. Per gebied gaat men in op:

- het 'systeem' van bodem en water, en de rol van de mens. Het is een beschrijving van de omstandigheden die bepalend zijn voor de natuur- en landschapswaarden;
- de ecologische kernkwaliteiten: een beschrijving van de belangrijkste natuurwaarden in het gebied;
- de landschappelijke kernkwaliteiten;
- ambitie Natuur: welke natuurbeheertypen in dit deelgebied prioriteit krijgen bij realisatie.

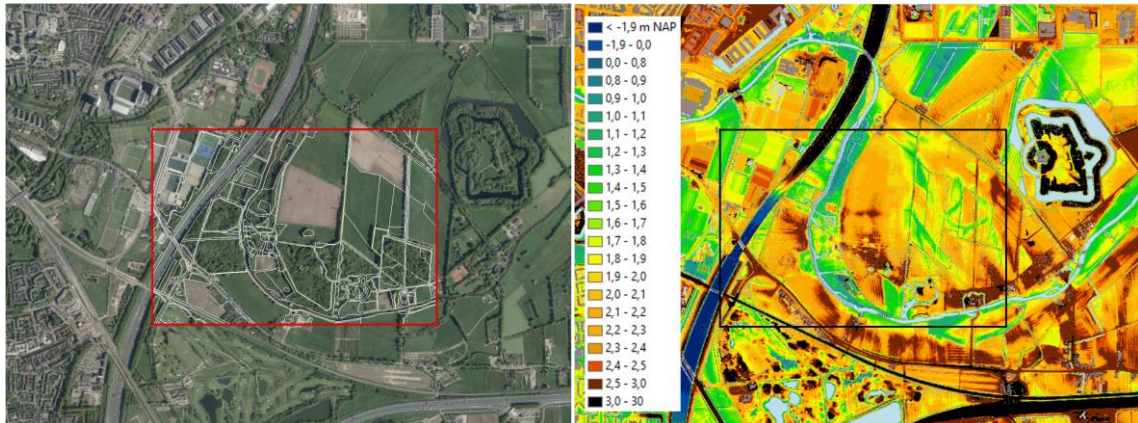
Afbeelding 6.16a Ligging NNN



- N04.02 Zoete plas
- N12.02 Kruiden- en faunairijk grasland
- N14.03 Haagbeuken- en essenbos
- N16.04 Vochtig bos met productie
- N17.03 Park- of stinzenbos
- N17.06 Vochtig en hellinghakhout

¹ BIJ12 ondersteunt de provincies bij de uitvoering van hun gemeenschappelijke taken, met name op het gebied van vitaal platteland. De unit Natuurinformatie en Natuurbeheer coördineert de landelijke systematiek voor monitoring, dataopslag en informatie, analyse en rapportages van natuurgegevens. Daarnaast coördineert de unit Natuurinformatie en Natuurbeheer de uitvoering van het Subsidiestelsel Natuur en Landschap (SNL).

Afbeelding 6.16b Projectgebied (rode box). Links: luchtfoto, en rechts: maaiveld (AHN3)



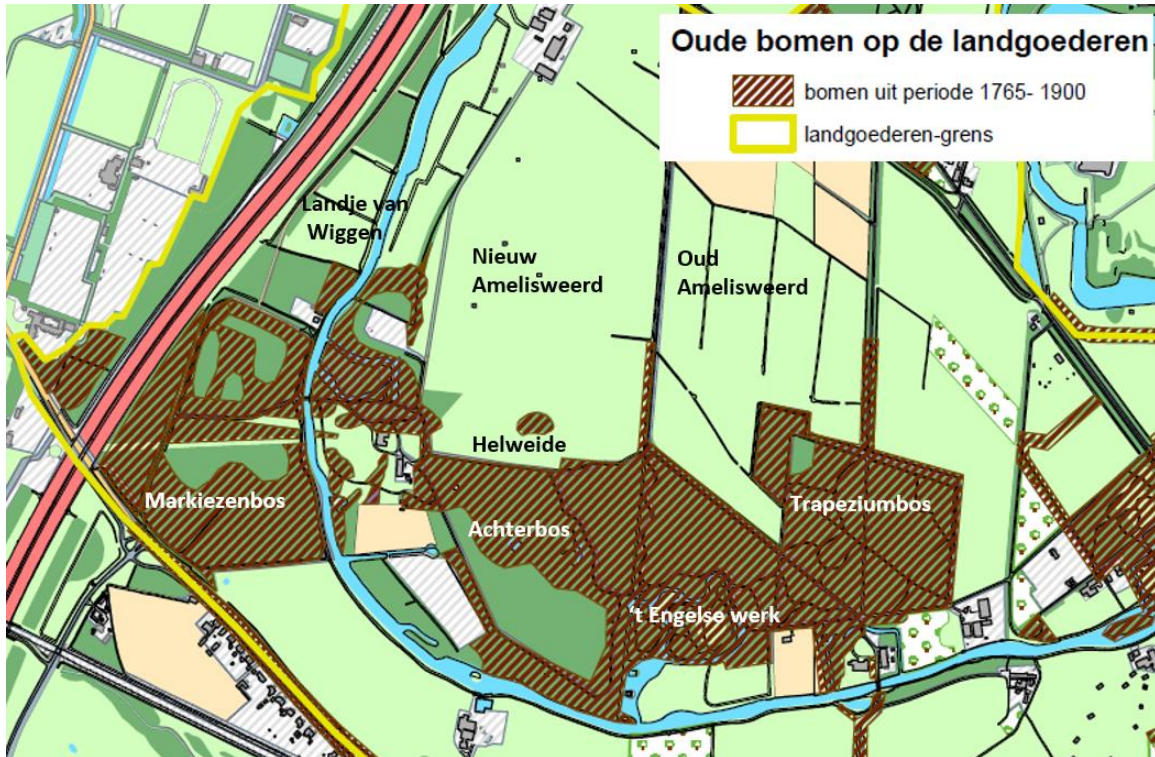
Onder ecologische kernkwaliteiten is voor het Kromme Rijngebied aangegeven dat vooral de landgoedbossen en hakhoutbossen (o.a. Amelisweerd) tot de kernkwaliteiten behoren met hoge natuurwaarden en afwisseling van biotopen. Landelijk gezien zijn bossen op licht basische klei vrij zeldzaam omdat deze goede gronden meestal voor landbouwdoelen worden gebruikt. Naast een rijkdom aan *vogels* en planten geeft ook de aanwezigheid van eeuwenoude *stinzenflora* een extra accent aan deze bossen. Specifiek de wat opener delen van de landgoederen, zoals de oprijlanen en andere bomenlanen zijn bijzonder rijk aan zogenaamde *mycorrhiza-paddenstoelen*. Bij een gunstig maaibeheer kan de rijkdom aan paddenstoelensorten wel 200 soorten per laan bedragen.

Het bossysteem van Amelisweerd heeft zich in de loop van circa 250 jaar ontwikkeld vanuit een antropogeen bos naar een min of meer natuurlijk bos en wordt als 'parkbos' getypeerd. De natuurrijkdom is ontstaan door de combinatie van kleihoudende bodems en een afwisseling van natte, vochtige en droge milieus. De hoge ouderdom van het bos uit zich in de aanwezigheid van vele honderden monumentale bomen, waaronder ook enkele soorten met de hoogste exemplaren van Nederland. Door Adviesbureau Maes (2009) is een uitgebreide beschrijving opgesteld van de ecologische waarden van Amelisweerd. Hierin zijn gedetailleerde kaarten te vinden van de verschillende bostypen. Delen met de oude bomen staan aangegeven in afbeelding 6.17.

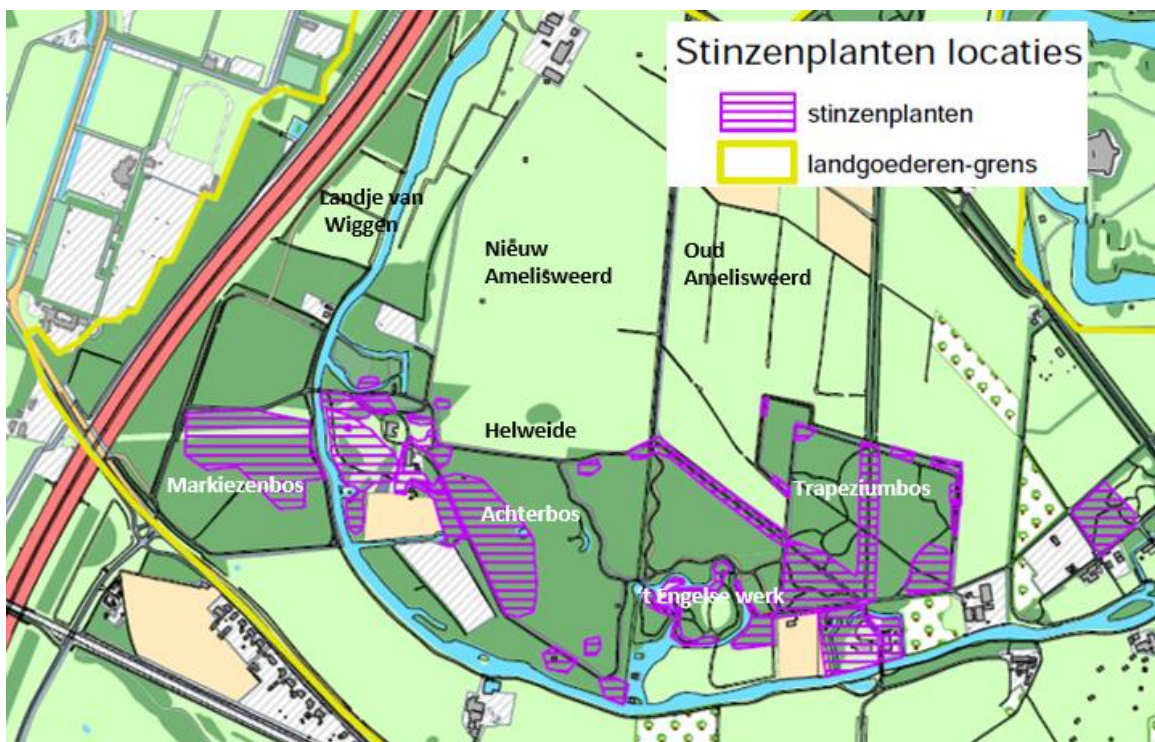
Adviesbureau Maes (2009) geeft aan dat het behoud en de verbetering van de ecologische waarden en natuurwaarden vooral samenhangen met het oude bomenbestand: de parkbossen en lanen. Belangrijke karakteristieke organismegroepen als vogels, vleermuizen en andere zoogdieren, stinzenflora, autochtone bosplanten en paddenstoelen zijn daarvan afhankelijk. Een goed beheer van sloten, weteringen en de Kromme Rijn, (van zowel water als oevers) is van belang voor de instandhouding van populaties amfibieën, reptielen (m.n. de Ringslang) en waterafhankelijke insecten (waaronder libellen).

De ondergroei van de parkbossen bestaat zowel uit een oude en gevarieerde stinzenflora als uit een aantal autochtone bosplanten zoals Boszegge, Gulden boterbloem en Grote keverorchis en een aantal karakteristieke mossen van kleibossen. Zeldzaamheden daarbij zijn het Kleine levermos, Gewoon tuitmos en het Spatmos. Afbeelding 6.18 geeft het voorkomen aan van bospercelen met stinzenplanten in de ondergroei. Kenmerkende soorten zijn Bosanemoon, Bostulp, Daslook, Gevlekte aronskelk, Italiaanse aronskelk, Sneeuwkllokje, Vroeg vergeet-mij-nietje, Wilde hyacint, Dichtersnarcis, Struisvaren, Winterakoniet, Crocus spec., Holwortel, Slanke sleutelbloem, Stengelloze sleutelbloem, Kleine maagdenpalm, Maarts viooltje en Vingerhelmbloem.

Afbeelding 6.17 Delen van Amelisweerd met concentraties oude bomen



Afbeelding 6.18 Delen van stinzenplanten in Amelisweerd



Ook Adviesbureau Maes (2009) maakt melding van paddenstoelen (afbeelding 6.19). Sedert de jaren '80 heeft zich met het toegenomen liggend en staand dood hout het aantal houtzwammen, waaronder een nieuwe soort voor Nederland uitgebreid.

Afbeelding 6.19 Delen van Amelisweerd met bijzondere paddestoelen



Bijzonder waardevol voor de parkbossen en lanen met oude bomen zijn de mycorrhiza-paddenstoelen. Het zijn de paddenstoelen die samenleven met de bomen. De landgoederen en daarbinnen vooral de oude lanen, zijn voor deze groep van nationale en internationale betekenis.

Over het algemeen zijn de graslanden voedselrijk en in gebruik als weiland. Een aantal graslanden wordt al langere tijd als hooiland beheerd en niet bemest. Deze percelen hebben zich veelal ontwikkeld tot zgn. Kamgrashooilanden met o.a. vrij veel Gewoon reukgras, Goudhaver en Kamgras. Het Landje van Wiggen, gelegen in Amelisweerd tussen de Kromme Rijn en de A27, is een akker met eenjarige planten (annuellen). Zolang deze elk jaar kans zien zaad te zetten maken ze deel uit van de vegetatie. Het ontbreekt aan recente vegetatie opnames waardoor de huidige natuurwaarde onduidelijk is.

In afbeelding 6.20 is aangegeven welke vijf natuurbeheertypen de provincie onderscheidt binnen Amelisweerd. Door BIJ12 (<https://www.bij12.nl/onderwerpen/natuur-en-landschap/index-natuur-en-landschap/>) is aangegeven welke kwaliteitskenmerken horen bij de verschillende natuurbeheertypen. De natuurkwaliteit is opgedeeld in structuur, flora en fauna, milieu-en watercondities en ruimtelijke condities. De kwaliteitskenmerken van de vijf natuurbeheertypen zijn:

- **N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland**

Het beheertype omvat een scala aan bloemrijke vegetaties van vrij schrale typen kamgrasweiden tot tamelijk voedselrijke witbolgraslanden. Variatie in structuur (afwisseling tussen korte en hoge vegetatie met plaatselijk ruigte en struweel) is belangrijk voor faunasoorten die in dit grasland voorkomen. De kwalificerende plantensoorten zijn qua milieurandvoorwaarde erg heterogeen. Onder dit natuurtipe schaaft men graslanden die variëren van nat tot vochtig tot droog schraalland¹. Voor dit beheertype wordt dan ook geen monitoring van milieu- en watercondities voorgeschreven. Het NDFP² geeft aan dat binnen het N12.02 deel van Amelisweerd 29 soorten vaatplanten voorkomen waaronder Kamgras, Goudhaver en Gewone brunel.

- **N14.03 Haagbeuken- en essenbos**

¹ <https://www.natuurkennis.nl/natuurtypen/n12-rijke-graslanden-en-akkers/n12-02-kruiden-en-faunarijk-grasland/varianten-n1202/>

² Nationale Databank Flora en Fauna (www.ndff.nl)

Bij een goede ontwikkeling is dit beheertype rijk zeer gevarieerd in structuur. Het kent een soortenrijke kruidlaag met een uitgesproken voorjaarsaspect, een goed bezette struiklaag en vaak meerdere boomlagen. Er zijn ruim 70 vaatplanten opgegeven als kwalificerende soort. Vanaf 2000 zijn er in het deel met N14.03 62 soorten vaatplanten aangetroffen waarvan slechts 2 kwalificerend, te weten: Boszegge en Tongvaren. Qua milieucondities vraagt haagbeuken- en essenbos om vochtige, basenrijke bodems. De grondwaterstand is variabel en kan tot dicht onder maaiveld staan, maar meestal staat de grondwaterstand dieper of is er hooguit sprake van tijdelijke schijngrondwaterspiegels als gevolg van een slecht doorlatende leem- of kleigrond. De bovengrond kan licht verzuurd zijn, maar de ondergrond (vanaf ca 2 dm) is altijd basenrijk en minimaal matig zuur (pH 4,5-5,5) en in de rijkst ontwikkeld vormen zwak zuur tot basisch (pH > 5,5). Qua ruimtelijke conditie is een areaal groter dan 150 ha aangegeven als goed (hoge kwaliteit).

- **N16.04 Vochtig bos met productie**

Vochtig bos met productie bestaat uit loofbossen die gedomineerd worden door diverse boomsoorten zoals populier, es, esdoorn, beuk, haagbeuk, eik, iep en els. Variatie in het bos door de aanwezigheid van bijvoorbeeld open plekken, dood hout, gemengd bos en een goed ontwikkelde bosrand is van belang voor diverse faunagroepen zoals broedvogels, dagvlinders en zoogdieren. Er zijn geen kwalificerende vaatplanten aangegeven. Er zijn geen specifieke milieu- en watercondities aangegeven. Qua ruimtelijke conditie is een areaal groter dan 150 ha aangegeven als goed.

- **N17.03 Park- of stinzenbos**

Parkbossen zijn alle vormen van bos die vallen binnen een historisch park- of tuinaanleg. Kenmerkend is de stinzenflora in de ondergroei. De grote verscheidenheid aan niet-inheemse planten maakt het onmogelijk om een kwaliteitsmaatlat te ontwerpen die de hele variatiebreedte van het type evenwichtig bestrijkt. Bovendien is het minder wenselijk om de kwaliteitsbeoordeling te baseren op het voorkomen van soorten die zich niet spontaan hebben gevestigd. De biotische kwaliteit wordt daarom uitgedrukt in het voorkomen van kwalificerende broedvogelsoorten. Niettemin zijn vanaf 2000 229 vaatplanten waargenomen waaronder vele zeldzame soorten zoals bijenorchis, rietorchis, grote keverorchis en kleine ratelaar. Er zijn geen specifieke milieu- en watercondities aangegeven. Er is geen criterium gegeven voor ruimtelijke condities.

- **N17.06 Vochtig- en hellingshakhout**

Het beheertype vochtig en hellinghakhout ligt op plaatsen die niet of nauwelijks machinaal te bewerken zijn doordat ze vochtig zijn, op een helling liggen of doordat de stoven op rabatten staan. Er zijn circa 25 soorten vaatplanten aangegeven als kwalificerend voor dit type. Volgens het NDFF zijn er sinds 2000 12 soorten vaatplanten waargenomen, geen van hen behoort tot de lijst kwalificerende vaatplanten. Er zijn geen specifieke milieu- en watercondities aangegeven. Er is geen criterium gegeven voor ruimtelijke condities.

Paddenstoelen in Amelisweerd

Paddenstoelen/schimmels zijn één van de drie waardevolle kenmerken van de landgoederen Oud-Amelisweerd, Nieuw-Amelisweerd en Rhijnauwen (naast het eiken/essen bos en de stinzenplanten). Binnen de schimmelsoorten wordt een hoofdonderscheid gemaakt tussen twee soorten:

- 1 Schimmels die in symbiose leven met bomen (boombegeleidende schimmels), bijvoorbeeld door het beschikbaar maken van nutriënten en sporenelementen uit de bodem voor opname door de bodem
- 2 Schimmels als afbrekers van organisch materiaal. Afbraak van hout gaat altijd door schimmels. Op zure bodem hebben schimmels een belangrijke rol bij de afbraak van de strooisel laag. Op niet zure bodem hebben andere bodem organismes (wormen en bacteriën) een grotere rol.

Van de benoemde ecologische groepen is vooral de ectomycorrhiza vormende soorten, die op de bodem bij bomen groeien van belang voor de effectbeoordeling. De plaatsen waar de ectomycorrhiza vormende paddenstoelen het rijkst fructificeren zijn in roze aangegeven in afbeelding 6.19. Gegeven het voorkomen en de diepe ligging van de grondwaterstand op deze locatie worden hier geen negatieve effecten verwacht. Buiten de roze gebieden kunnen ectomycorrhiza vormende soorten ook voorkomen. Afsterven van paddenstoelen wegens zuurstofloosheid is mogelijk indien sprake is van langdurige vernatting ('verdrinken' van de mycelia van paddenstoelen). Door actief te sturen op het grondwaterstandsverloop waarbij de grondwaterstand binnen de langjarige bandbreedte blijft kan schade worden voorkomen.

Voor het in beeld brengen van de referentiesituatie en de effecten van de schermwand in de gebruiksfase en de bouwphase wordt gebruik gemaakt van:

- de NNN wijzer;
- de meest recente versie van de Waterwijzer Natuur (WWN) (Waterlood berekening)¹.

NNN-wijzer

De provincie Utrecht heeft een hulpmiddel (de NNN-wijzer, <https://nnn-wijzer.provincie-utrecht.nl/>) voor gemeenten opgesteld die hen wegwijs maakt in de provinciale regels voor ruimtelijke ontwikkelingen in het NNN vastgelegd in het beschermingsregime in de provinciale ruimtelijke verordening. Hoewel Rijkswaterstaat geen gemeente is, is de aanpak van de NNN-wijzer gevolgd omdat hiermee goed inzichtelijk kan worden gemaakt of er sprake is van significante aantasting van het NNN op basis van een in het provinciaal beleid voorgeschreven methodiek.

De NNN-wijzer helpt om de juiste vragen te stellen en biedt ondersteuning als maatwerk nodig is. Hoofddlijn is daarbij dat nieuwe ontwikkelingen in het NNN per saldo niet mogen leiden tot significante aantasting van het NNN, tenzij er een groot openbaar belang is én alternatieven ontbreken (Nee tenzij). De initiatiefnemer van een ontwikkeling moet bij het nee, tenzij-regime de onderbouwing leveren. Om een zorgvuldige beoordeling te kunnen maken dient de initiatiefnemer in een zogenaamd 'nee, tenzij-onderzoek' de effecten van de voorgenomen ruimtelijke ontwikkeling op de te beschermen, te ontwikkelen en te behouden factoren te specificeren. Het gaat daarbij om de 'wezenlijke waarden en kenmerken' van de bij het gebied behorende natuurdoelen en natuurkwaliteit:

- 1 de bestaande en potentiële waarden van het ecosysteem waaronder ook begrepen worden de vereiste omgevingsfactoren zoals donkerte, bodem, water en milieu;
- 2 de robuustheid en de aaneengeslotenheid van het NNN;
- 3 de aanwezigheid van bijzondere soorten;
- 4 de verbindingsfunctie van het gebied voor soorten en ecosystemen.'

De hier gevolgde hoofdonderdelen van de NNN-wijzer zijn:

- **Oriëntatie:** Dit onderdeel helpt bij het in kaart te brengen of voor de gewenste ontwikkeling een ruimtelijke procedure vereist is en zo ja, welke consequenties dat heeft voor de Nee-tenzijtoets;
- **Ecologisch onderzoek:** In dit onderdeel wordt het oriënterend ecologisch onderzoek uitgebreid beschreven. Het is een snel onderzoek (Quick Scan) waarmee de ecooloog in enkele weken een oordeel kan geven over de vraag of de nieuwe ontwikkeling leidt tot aantasting van het NNN. En, zo ja, of het een significante aantasting is. Uitgebreid ecologisch onderzoek is nodig als er niet genoeg ecologische gegevens beschikbaar zijn of als er ingewikkelde effecten zijn te verwachten. Uit het onderzoek kunnen zo nodig voorstellen komen om de ontwikkeling aan te passen, waardoor significante aantasting wordt voorkomen. Er dient te worden getoetst op:
 1. significante vermindering van de oppervlakte van het NNN;
 2. significante vermindering van de samenhang van het NNN;
 3. significante aantasting van de wezenlijke kenmerken en waarden, te weten:
 - a. Bestaande en potentiële waarden van het ecosysteem;
 - b. Robuustheid en aaneengeslotenheid van het NNN;
 - c. De aanwezigheid van bijzondere soorten;
 - d. De verbindingsfunctie van het gebied voor soorten en ecosystemen.

Waterwijzer natuur

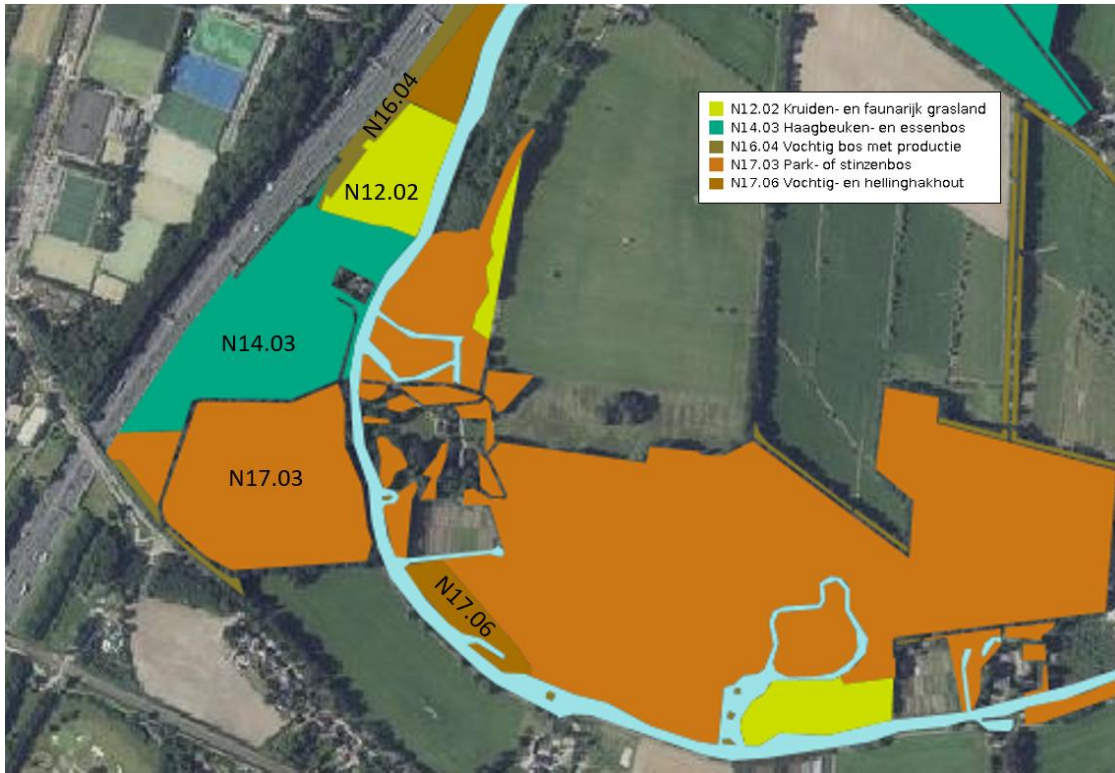
De Waterwijzer natuur (WWN) bevat een voorspellingsmodule waarmee gevolgen van veranderingen in hydrologie vertaald kunnen worden naar effecten op de vegetatie, de zogenaamde doelrealisatiescore (DS), zie ook het kader aan het einde van deze paragraaf. Om de doelrealisaties voor terrestrische natuur te kunnen berekenen, is een koppeling gelegd tussen de verschillende beheertypen en de hydrologische variabelen die de ontwikkeling van die vegetatie bepalen.

¹ <https://waterwijzer.nl/achtergronden/de-waterwijzer-natuur>

N12.02 is een graslandtype wat verder buiten beschouwing is gelaten omdat het een weinig kritisch type is als het gaat voor wat betreft grondwaterstandsregime en voedselrijkdom. Daarmee wordt niet gezegd dat het grasland niet waardevol zou zijn en geen bijzondere plantensoorten bevat.

Van de vier bostypen is alléén voor haagbeuken- en essenbos (N14.03) binnen Waterlood de samenhang met hydrologische randvoorwaarden vastgesteld. Dit natuur beheertype grenst ook het dichtst aan tegen de A27.

Afbeelding 6.20 Natuurbeheertypen vastgesteld door provincie Utrecht

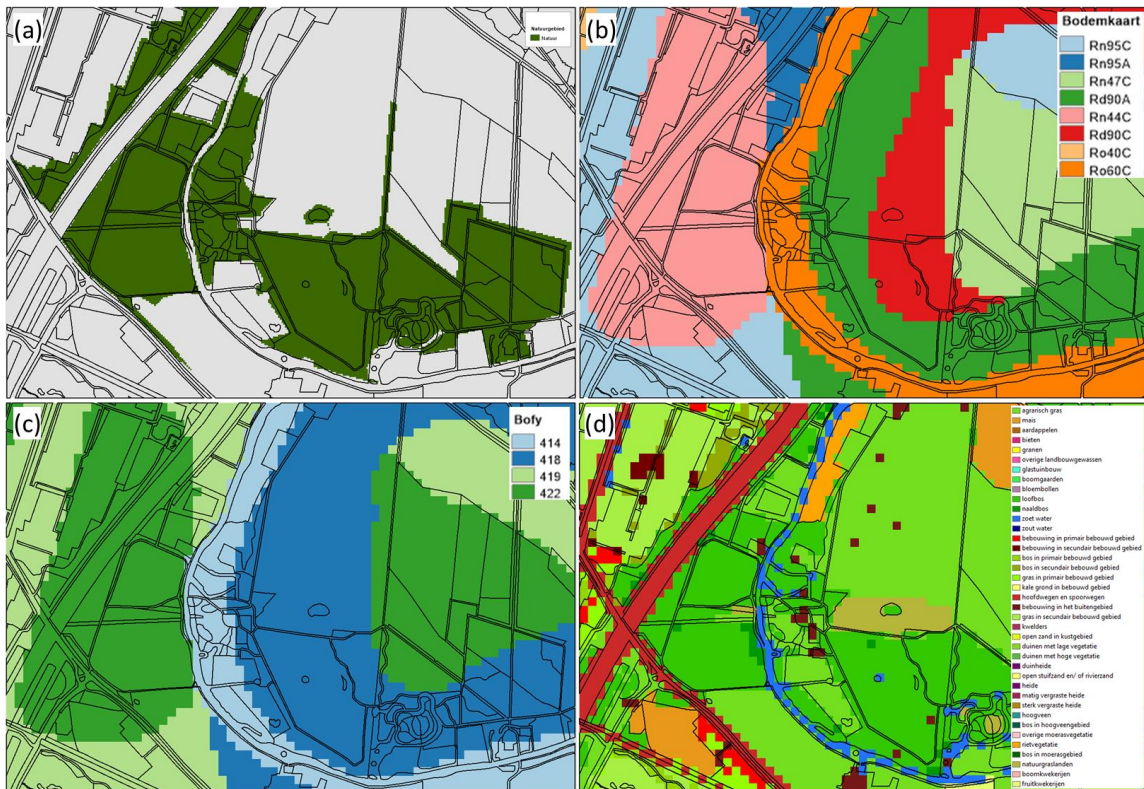


Aan de westzijde van de A27 komt ook bos voor (Maarschalkerweerd), maar dit is niet aangemerkt als natuurbeheertype. De standaard schematisatie van Waterwijzer natuur laat dit bos ook buiten beschouwing. Om toch potentiële effecten hier te kunnen onderscheiden is de aanwezigheid van bos opnieuw geschematiseerd. Al dit bos is aangeduid als N14.03 zodat voor dit areaal een Waterwijzer berekening mogelijk is. Door het hele bosareaal als N14.03 aan te merken worden de berekeningen als een bovenschatting (worst-case) gezien van de ecologisch effecten.

De invoer voor de Waterwijzer natuur bestaat onder meer uit (zie afbeelding 6.21):

- natuurgebied: het areaal waar een effectberekening wordt uitgevoerd (aangepast: raster 5x5 m);
- bodemeenheden conform de bodemkaart 1:50.000 verrasterd naar 25x25 m;
- bodemfysische eenheden (afgeleid van de bodemkaart 1:50.000);
- landelijk grondgebruiksdatabank - LGN6 (25x25 m).

Afbeelding 6.21 Verschillende invoerlagen voor Waterwijzer natuur. (a) het natuureaam waarvoor natuureffectberekeningen worden uitgevoerd, (b) bodemkaart, (c) bodemfysische eenheden¹ en (d) LGN6. Voor de effectberekening is het areaal in (a) dus volledig toegekend aan het natuurgebeente N14.03



Met het geohydrologisch model zijn voor de referentiesituatie GXG kaarten berekend met een uitvoerresolutie van 25 bij 25 m. Het gaat om GHG, GVG, GLG, GG (zie kader voor definities) en kwelfluxen over de eerste scheidende laag. Een toelichting op de parameters is opgenomen in het onderstaande kader.

Toelichting op betekenis GXG waarden

- GHG - gemiddeld hoogste grondwaterstand en geeft een indicatie van de grondwaterstand in de winter over een langere periode
- GVG - gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand: en geeft een indicatie van de grondwaterstand in het voorjaar over een langere periode
- GLG - gemiddeld laagste zomergrondwaterstand: en geeft een indicatie van de grondwaterstand in de zomer over een langere periode
- GG - gemiddelde grondwaterstand, vaak het gemiddelde van de GHG en de GLG.

Alle informatie is verrasterd naar 5x5 m zodat op dit niveau een Waterwijzer berekening kon worden uitgevoerd. Voor de natuureffect berekening is GVG van belang om te toetsen of condities te nat worden. De GLG wordt gebruikt in combinatie met meteorologische condities en bodemfysische eenheden om de droogtestress (DS) te bepalen. Met Waterwijzer is ook zuurstofstress (RS) en transpiratiestress (TS) bepaald. De resultaten staan aangegeven in afbeelding 6.22.

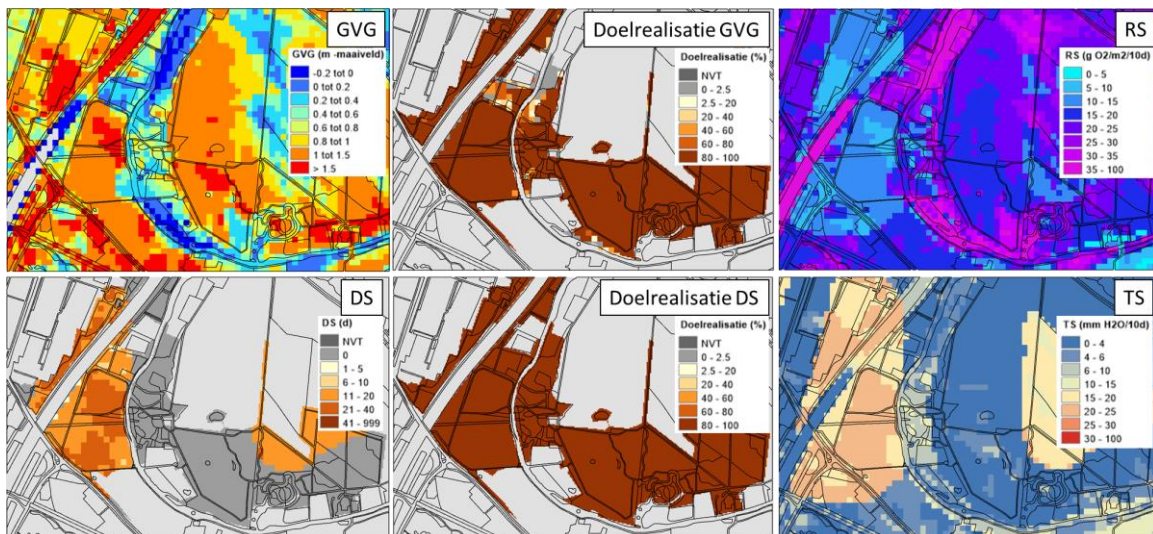
¹ Betekenis bodemcodering:

Bodemkaart 1:50.000 (alle eenheden zijn rivierkleigronden zonder minerale eerlaag): Rn95C - Poldervaaggrond, roest- en grijze vlekken beginnend binnen 50 cm, kalkloos, Rn95A - Poldervaaggrond, roest- en grijze vlekken beginnend binnen 50 cm, kalkhoudend, Rn47C - Poldervaaggrond, roest- en grijze vlekken beginnend binnen 50 cm, kalkloos, met zware laag, soms zware ondergrond, Rn90A - Ooivaaggronden, geen roest- en grijze vlekken binnen 50 cm, kalkhoudend, Rn44C - Poldervaaggrond, roest- en grijze vlekken beginnend binnen 50 cm, kalkloos, met zware ondergrond, Rd90C - Ooivaaggronden, geen roest- en grijze vlekken binnen 50 cm, kalkloos, Ro40C - Nesvaaggronden, kalkloos, geen indeling, Ro60C - Nesvaaggronden, kalkloos, geen indeling.

Bodemfysische eenheden (BOFEK2012): 414 - Zavel en lichte klei met zware tussenlaag, 418 - Zware zavel homogeen profiel (marin en fluviaal), 419 - Zware zavel homogeen profiel (vooral fluviaal), 422 - Zware klei (fluviaal, komgronden)

De GVG is mede een afspiegeling van de ligging van het maaiveld. Relatief lage delen zijn nat. Dit geldt vooral voor een klein deel in het noorden van Amelisweerd en voor de gronden langs de Kromme Rijn. De waarden bepaald voor de A27 dienen te worden genegeerd. Dit is een artefact. Voor een klein deel in het noorden van Amelisweerd is de GVG te hoog voor een optimale doelrealisatie. Op de bodemfysische eenheid 422 (Zware klei (fluviatiel, komgronden)) is met de GLG in de referentiesituatie droogtestress berekend. De doelrealisatie voor DS (= droogtestress) is evenwel 100 % omdat de berekende droogtestress niet voorbij de 25 dagen komt. De uitkomsten voor zuurstofstress zijn consistent met de resultaten voor GVG (hoge zuurstofstress daar waar de GVG dicht bij maaiveld komt), en de resultaten voor transpiratiestress zijn consistent met de resultaten voor droogtestress (transpiratiestress op de zware klei, bodemfysische eenheid 422).

Afbeelding 6.22 Referentiesituatie: GVG, doelrealisatie GVG, droogte stress (DS), doelrealisatie DS, zuurstofstress (RS) en transpiratiestress (TS)



Kader: Waterwijzer natuur berekening

De Waterwijzer Natuur (WWN)¹ is een instrument dat kan worden gebruikt om vast te stellen in hoeverre de waterhuishouding aansluit bij bestaande vegetatiedoelen, om te beoordelen of vegetatiedoelen haalbaar zijn onder een ander klimaat, om (nieuwe) locaties te vinden die hydrologische geschikt zijn voor natuurontwikkeling, en voor het optimaliseren van de waterhuishouding ten behoeve van de natuur. Er zijn drie type berekeningen mogelijk:

1. Toetsen (Waterlood)
2. Klimaatrobuust toetsen (Waterlood+)
3. Voorspellen (Probe)

Bij de toepassing in het mer A27 / A12 is alleen gebruik gemaakt van optie 1 (toetsen volgens Waterlood) voor de beoordeling. Optie 2 (Klimaatrobuust toetsen) is ook uitgevoerd, maar meer als een controlestep dan dat de resultaten ook daadwerkelijk zijn gebruikt bij de beoordeling.

Optie 1: Toetsen (Waterlood)

De Waterlood methode² is al in gebruik sinds eind jaren 90. Het is een standaardmethode om te bepalen of de hydrologische randvoorwaarden (grondwaterstandsregime, kwel) passen met een beoogd natuurdoel. Er wordt daarbij alleen gekeken naar de waterhuishouding. Voedselrijkdom en zuurgraad worden niet beschouwd.

¹ <https://waterwijzer.nl/achtergronden/de-waterwijzer-natuur> Zie ook: Witte et al., 2018. De waterwijzer natuur: instrumentarium voor kwantificeren van effecten van waterbeheer en klimaat op terrestrische natuur. STOWA rapport 2018-44, ISBN 978.90.5773.809.8

² Runhaar en Hennekens - Hydrologische Randvoorwaarden Natuur (2015)

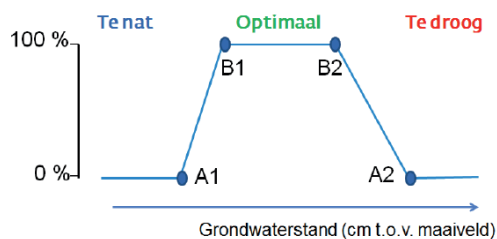
Doelrealisatie

De mate waarin de waterhuishouding voldoet voor een natuurdoel wordt uitgedrukt in de mate van doelrealisatie. De doelrealisatie is 100 % wanneer de functie zonder enige hydrologische beperking kan worden vervuld, en 0 wanneer de hydrologische condities zodanig zijn dat de functie niet kan worden vervuld. Per hydrologische stuurvariabele (GVG, GLG, droogtestress) wordt daarmee aangegeven bij welke waarden het vegetatietype of doeltypes kan voorkomen en bij welke waarden het type optimaal voorkomt. Het zijn eenvoudige lineaire functies, waarvan de vorm wordt bepaald door de volgende parameters:

- a1 buitengrens waar beneden het type niet meer kan voorkomen
- b1 knikpunt waar boven het type optimaal voorkomt, dwz. dat de waterhuishouding geen beperking vormt voor de ontwikkeling of handhaving van het type
- b2 knikpunt waar beneden het type optimaal voorkomt
- a2 buitengrens waar boven het type niet meer kan voorkomen

Een voorbeeld van een doelrealisatiefunctie is weergegeven in afbeelding 1.

Afbeelding 1 Voorbeeld van een doelrealisatiefunctie. De functies zijn er voor de grootheden GVG, GLG en droogtestress DS. Vermenigvuldiging van de afzonderlijk de doelrealisaties leidt tot de totale doelrealisatie.



In de toepassing voor het MER is gebruik gemaakt van doelrealisatiefuncties voor de stuurvariabelen GVG en droogtestress (DS). Er bleek alleen een doelrealisatiefunctie beschikbaar voor N14.03 (haagbeuken- en essenbos).

Doelrealisatiefunctie GVG

De gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) is bepalend voor de zuurstofvoorziening aan het begin van het groeiseizoen. Bij voorjaarsgrondwaterstanden rond maaiveld is de zuurstofvoorziening zo slecht dat alleen aan natte omstandigheden aangepaste planten kunnen overleven. Bijvoorbeeld riet, zeggen en biezen, die in staat zijn om door middel van luchtwoefels zuurstof naar de wortels te transporteren. Voor veel grondwaterafhankelijke natuurdoeltypen zijn hoge voorjaarsgrondwaterstanden gewenst. Voor N14.03 kan te hoge grondwaterstanden tot zuurstofstress leiden wat negatief is voor de bosvitaliteit.

Doelrealisatiefunctie DS

Hierbij is de stuurvariabele het gemiddeld aantal dagen droogtestress ofwel het aantal dagen dat de vochtspanning in de bovengrond dichtbij of op het verwelkingspunt ligt. Als er gemiddeld veel dagen met droogtestress zijn kunnen alleen aan droogte aangepaste soorten overleven. Bijvoorbeeld planten die water opslaan in hun weefsels (vetplanten) of eenjarigen die in herfst en voorjaar groeien en de zomerperiode in de vorm van zaad overleven. Vegetaties met droogteminnende soorten als Buntgras, Struikheide, Zandhoornbloem en Zandzegge komen voor op plekken met veel droogtestress. Grazige vegetaties met vochtminnende soorten als Veldzuring, Kamgras en Pinksterbloem daarentegen komen voor op plekken waar slechts incidenteel droogtestress optreedt. De grondwaterstand is in combinatie met de bodemopbouw en de hoeveelheid neerslag is bepalend voor het al dan niet optreden van droogtestress. In ons klimaat treedt droogtestress vooral op humus- en leemarme zandgronden met een diepe grondwaterstand (dieper dan 1 à 2 m, precieze diepte hangt af van korrelgrootte en hoeveelheid leem en humus). Het is lastig om de droogtestress op een standplaats rechtstreeks te bepalen op basis van metingen. In het Waterlood-instrumentarium wordt daarom de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) gebruikt om –in combinatie met gegevens over bodemopbouw en neerslagoverschot- de droogtestress te schatten.

Optie 2: Klimaatrobuust toetsen (Waterlood+)

In optie 1 (Waterlood) is de GVG een indirecte maat voor de beschikbaarheid van zuurstof in de bodem. Deze maat is niet klimaatrobuust omdat hij onvoldoende rekening houdt met veranderingen in weersgesteldheid, zoals het verschuiven van het neerslagpatroon en het vervroegen van het groeiseizoen. Ook houdt hij geen rekening met de grotere zuurstofbehoefte van plantenwortels bij een hogere bodemtemperatuur. In het model PROBE, dat ook in de Waterwijzer Natuur is ondergebracht, is een maat ontwikkeld die wel klimaatrobuust is: de zuurstofstress RS. Waterwijzer Natuur kan deze maat berekenen voor verschillende klimaatscenario's en zichtjaren. Omdat RS toch al wordt berekend, is het logisch binnen Waterlood de GVG door deze maat te

vervangen. Voor de droogtestress DS in Waterlood geldt een iets ander verhaal: deze maat is weliswaar op processen gebaseerd die door het klimaat worden beïnvloed, maar deze is niet bekend voor klimaatscenario's. Voor PROBE is wel een robuuste droogtemaat ontwikkeld die Waterwijzer Natuur voor verschillende klimaatscenario's en zichtjaren kan berekenen: de transpiratiestress TS. In de toepassing voor het MER A27 / A12 is de RS en TS en de doelrealisatie RS en TS berekend voor het huidige klimaat. De resultaten bleken niet wezenlijk te verschillen van de eerder behaalde resultaten met Waterlood (doelrealisatie GVG, doelrealisatie DS). Aangezien de Waterlood+ resultaten niet tot andere uitkomsten leiden zijn ze niet betrokken bij de beoordeling voor het MER.

7

MILIEUEFFECTEN IN DE GEBRUIKSFASE (EINDSITUATIE)

7.1 Inleiding

Voor de realisatie van de wegverbreding wordt uitgegaan van een toepassing van een tijdelijke polder met een schermwand tot minimaal NAP-65 m. In de eindsituatie wordt de tijdelijke polder opgeheven, er vindt dan geen (retour)bemaling meer plaats. In de eindsituatie blijft de schermwand over de volledige 3,7 km in de bodem. Door de schermwand kan barrièrewerking optreden. Dit betekent dat de schermwand de grondwaterstroming kan beïnvloeden met als gevolg dat de grondwaterstand kan veranderen. Stroomopwaarts van de schermwand (de oostzijde) kan de grondwaterstand dan hoger worden door opstuwing, benedenstrooms (aan de westzijde) juist lager. Een verandering van de grondwaterstand (opstuwing of juist verlaging) kan lokaal negatieve effecten hebben. Daar waar mogelijk wordt de schermwand tot ten minste 2 m onder maaiveld geheel verwijderd of geperforeerd zodat toekomstig bodemgebruik niet gehinderd wordt.

In de volgende paragrafen zijn de effecten van de diverse milieuaspecten geanalyseerd. Qua milieuaspecten is niet exact de volgorde uit het MER 2e fase gehanteerd, omdat voor de bouwmethode met schermwand een ingreep is in het grondwatersysteem. Vandaar dat effectbeschrijving op water naar voren is gehaald.

7.2 Verkeer

In de eindsituatie zijn er voor dit milieuaspect verkeer, specifiek in relatie tot de schermwand, geen effecten. Het oordeel op het criterium verkeer is daarom neutraal.

7.3 Geluid

In de eindsituatie zijn er voor dit milieuaspect geluid, specifiek in relatie tot de schermwand, geen effecten. Het oordeel op het criterium geluid is daarom neutraal.

7.4 Luchtkwaliteit

In de eindsituatie zijn er voor dit milieuaspect luchtkwaliteit, specifiek in relatie tot de schermwand, geen effecten. Het oordeel op het criterium luchtkwaliteit is daarom neutraal.

7.5 Water

Onder het criterium grondwaterkwantiteit gaat het om:

- grondwatereffecten (barrière vorming), zie paragraaf 7.5.1;
- zettingen bij gebouwen, zie paragraaf 7.5.2;
- ontwatering bij gebouwen, paragraaf 7.5.3;
- effect op landbouw paragraaf 7.5.4.

Het criterium grondwaterbeschermingsgebieden gaat over de beïnvloeding van de kwaliteit van het grondwater in het grondwaterbeschermingsgebied (paragraaf 7.5.5). Onder het criterium waterhuishouding gaat het om de doorsnijding het oppervlaktewater. Blijven de watergangen op een goede wijze met elkaar verbonden? Dat is opgenomen in paragraaf 7.5.6.

7.5.1 Grondwatereffecten

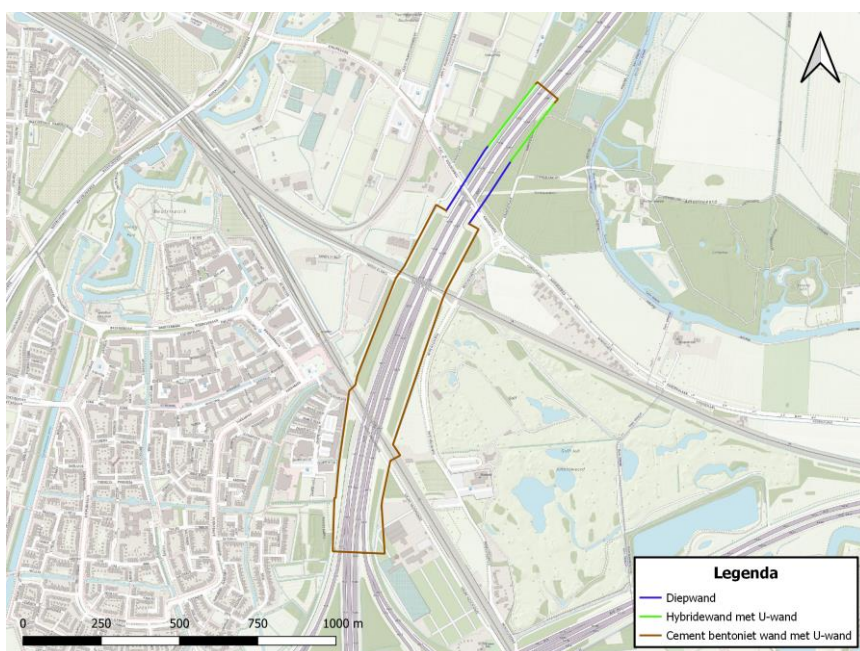
Voor de berekening van de mogelijke effecten in de eindsituatie met schermwand is in het grondwatermodel een schermwand over de volledige lengte van 3,7 km tot in de Waalreklei formatie (WAK1) gemodelleerd met weerstand tegen grondwaterstroming gegeven in tabel 7.1. De locaties van de verschillen in eigenschappen van de schermwand zijn gegeven in afbeelding 7.1.

De locaties met een diepwand hebben een onderscheid in weerstand over de diepte. Er wordt uitgegaan van een potentieel lagere weerstand van de diepwand op een grotere diepte. Vanaf circa 40 meter minus maaiveld is er grotere onzekerheid over het potentiële lek van de wand. Dit wordt opgevangen door een verlaging van de ingeschatte weerstand van de diepwand op grotere diepte. Vanaf 40 meter inbrengdiepte wordt 400 dagen weerstand ingeschat in plaats van de 4000 dagen in de eerste 40 meter inbrengdiepte ten opzichte van maaiveldniveau (zie tabel 7.1).

Tabel 7.1 Weerstand schermwand m.b.t. horizontale grondwaterstroming 'lek' (locaties weergeven in afbeelding 7.1)

Type wand	Weerstand
Cement-bentoniet wand met U-wand	900 dagen
Diepwand tot circa 40 m minus maaiveld	4000 dagen
Diepwand vanaf circa 40 meter minus maaiveld tot inbrengdiepte	400 dagen
Hybridewand met U-wand	900 dagen

Afbeelding 7.1 Overzicht locaties verschillende eigenschappen schermwand

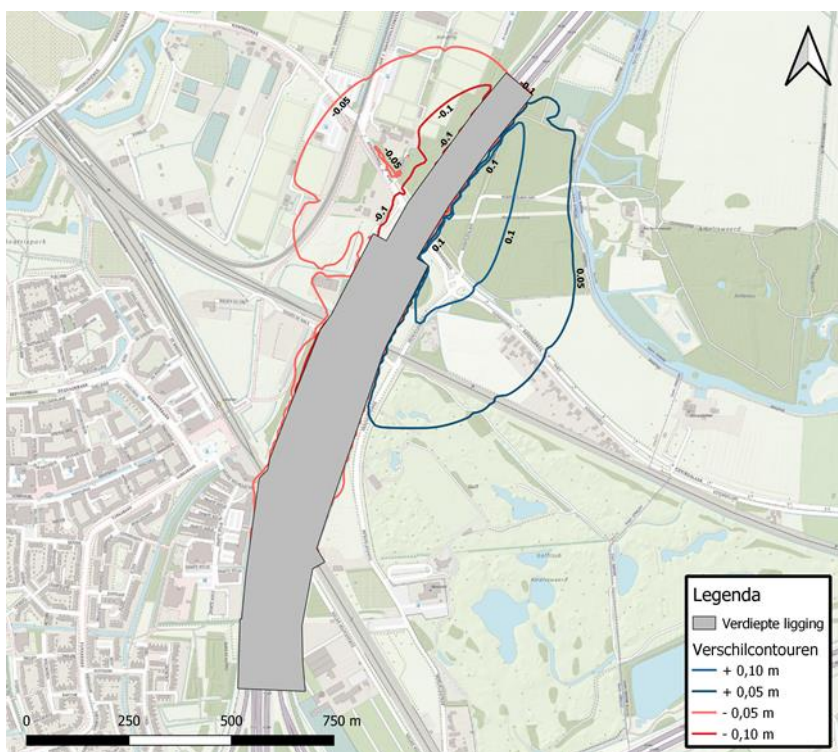


Voor deze eindsituatie met de schermwand is een modelberekening uitgevoerd voor Rijkswaterstaat (mei 2020). De resultaten van de berekening zijn weergegeven in afbeelding 7.2 en afbeelding 7.3. Op deze afbeeldingen zijn per 5 cm grondwater- of stijghoogteverandering de contouren geplot. Uit deze afbeeldingen blijkt dat voor de eindsituatie met de schermwand aan de oostzijde stijgingen van de freatische grondwaterstand worden berekend tot circa 0,1 meter dicht bij de schermwand. Aan de westzijde worden verlagingen van de grondwaterstand tot eveneens circa 0,1 meter berekend dicht bij de schermwand. Deze contouren beschrijven de circa maximale verhoging en verlaging. Er is dus een vlak van circa maximaal 0,1 meter verhoging en verlaging aanwezig. Deze veranderingen tot circa 0,1 meter gelden ook voor de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket.

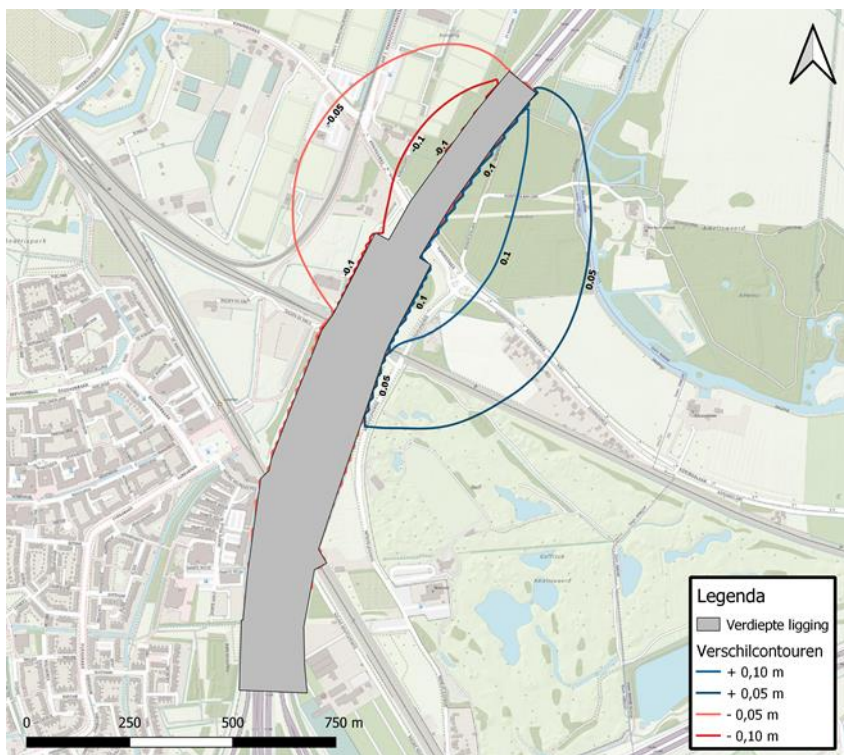
De grondwatereffecten zijn alleen aan de noordoostzijde van de bak aanwezig. Dit is als volgt te verklaren. De stromingsrichting loopt niet geheel loodrecht op de oostzijde van de schermwand. De stromingsrichting loopt over twee-derde deel vanaf de onderzijde van de aan te leggen schermwand parallel met de breedte van de verdiepte ligging (breedte van de weg). De grondwaterstroming loopt dus gemakkelijker langs de 'bak'. Aan de noordzijde is een stromingsrichting loodrecht op de oostzijde van de bak aanwezig. Deze lengte is zodanig groot dat een opstuwung ontstaat van maximaal circa 10 centimeter. Het freatisch grondwater en de stijghoogte stroomt minder gemakkelijk langs de 'bak'. Geconcludeerd wordt dat de stromingsrichting de bepalende factor is voor de mogelijkheid op opstuwung bij de bak. Deze is in het midden en aan de zuidzijde gunstig ten behoeve van opstuwung.

Uit een modelberekening inclusief en exclusief een afgraving van de eerste 2 meter van de schermwand resulteert een mogelijk hydrologisch effect van orde grootte enkele centimeters in zowel de freatische grondwaterstand als resulterende stijghoogte in het eerste watervoerend pakket.

Afbeelding 7.2 Verandering freatische grondwaterstand (Opstuwung/verlaging grondwaterstand) t.o.v. referentiesituatie, weerstand scherm conform tabel 5.1



Afbeelding 7.3 Verandering stijghoogte in het eerste watervoerend pakket (Opstuwung/verlaging stijghoogte) t.o.v. referentiesituatie



Voor de eindsituatie met de schermwand wordt in het tweede watervoerend pakket geen verandering van de stijghoogte berekend.

Door toepassing van de schermwand ontstaat binnen de schermwanden een apart grondwaterregime. Dit grondwaterregime is afhankelijk van de uitwisseling van grondwaterstroming door de Waalre klei formatie (WAK1), de schermwand en grondwateraanvulling. De grondwateraanvulling door neerslag (of verdamping) kan alleen plaatsvinden op het relatief kleine oppervlak tussen de uiteinden van de folie en de schermwand. De hoeveelheid aanvulling is beperkt, omdat bij een (piek)neerslag het overschot af stroomt over het talud richting het wegoppervlak. Deze neerslag komt terecht binnen de folieconstructie en wordt afgepompt via het drainagesysteem binnen de folie. Het drainage en pompsysteem zijn berekend op de verbreding en de extreme buien in de toekomst. Het restant van de neerslag, welke onder de folieconstructie eindigt oefent een zeer beperkte invloed op de grondwaterstand onder het folie binnen de schermwand.

Voor de (nadere) uitwerking van het grondwatereffect naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 7.2

Tabel 7.2 Beoordeling grondwatereffect

Criterium grondwater- kwantiteit	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
Barrièrewerking	nvt	nvt	-10 tot +10 cm	10-20 cm	>20 cm

De eindsituatie met schermwand heeft geen significante effecten op het grondwater (veranderingen kleiner dan 10 cm). Het oordeel op het criterium grondwaterkwantiteit (barrièrewerking) is daarom neutraal.

Invloed klimaatverandering op de berekende grondwatereffecten

Door het KNMI wordt verwacht dat het klimaat in Nederland verandert, hiervoor zijn verschillende klimaat-scenario's. Deze scenario's hebben gemeen dat de neerslagintensiteit toeneemt en de droogte in de zomer langduriger worden. Hevige neerslagintensiteit (piekbuien) heeft niet direct een invloed op het grondwater-systeem in het watervoerend pakket. Dit is een traag reagerend systeem op de grondwateraanvulling (in termen van dagen). Hevige piekbuien kunnen wel kortstondig (in termen van uren) leiden tot wateroverlast (water op straat).

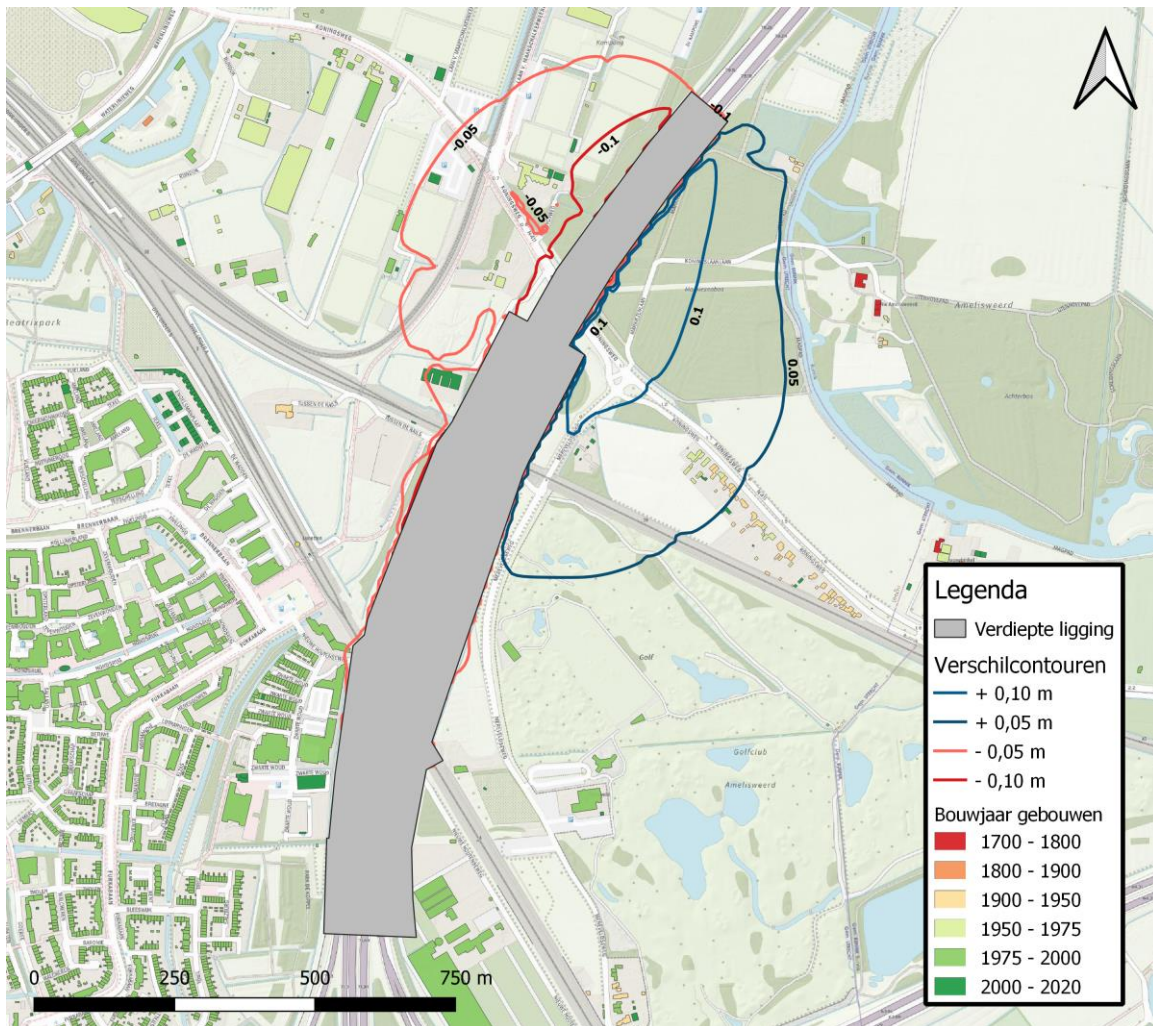
Langdurige droogte heeft wel een duidelijk merkbare invloed op de grondwaterstanden. Door de droogte zakken de grondwaterstanden steeds verder uit. Als door klimaatverandering de droogteperioden langer worden is de verwachting dat de grondwaterstanden kunnen dalen tot onder de historisch laagste grondwaterstanden.

Aan de oostzijde (Amelisweerd) wordt dan het berekende grondwatereffect (een stijging) in combinatie met de klimaatverandering juist kleiner. Dit betekent een verbetering. Aan de westzijde (o.a. sportvelden) wordt dan het berekende grondwatereffect (een daling) in combinatie met de klimaatverandering juist groter. Dit betekent een verslechtering vanuit grondwaterperspectief.

7.5.2 Risico op zettingen bij gebouwen

Zettingen aan slappe lagen in de bodem (klei en veen) kunnen optreden bij grondwaterstandsverlagingen (en niet bij grondwaterstandsverhogingen). De grondwaterstandsverlaging bij bebouwing en infrastructuur is kleiner dan 5 cm, derhalve er is geen risico op (ongelijkmatige) zettingen en dus schade aan woningen.

Afbeelding 7.4 Verandering freatische grondwaterstand in eindsituatie met gebouwen uit BAG



Voor de (nadere) uitwerking van het grondwatereffect op zettingen naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 7.3

Tabel 7.3 Beoordeling zettingen bij gebouwen als gevolg grondwaterstandsverlaging

Criterium grondwater- kwantiteit	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
Zettingen bij gebouwen als gevolg van grondwaterstands verlaging	N.v.t.	N.v.t.	aantal zettingsgevoelige panden en gebouwen binnen gebied waar sprake is van verandering grondwaterstand > 0,5 m = 0	aantal zettingsgevoelige panden en gebouwen binnen gebied waar sprake is van verandering grondwaterstand > 0,5 m = 1 - 20	aantal zettingsgevoelige panden en gebouwen binnen gebied waar sprake is van verandering grondwaterstand > 0,5 m = >20

De eindsituatie met schermwand heeft geen effecten zettingen bij panden. Het oordeel op het criterium grondwaterkwantiteit (zettingen) is daarom neutraal.

7.5.3 Ontwatering

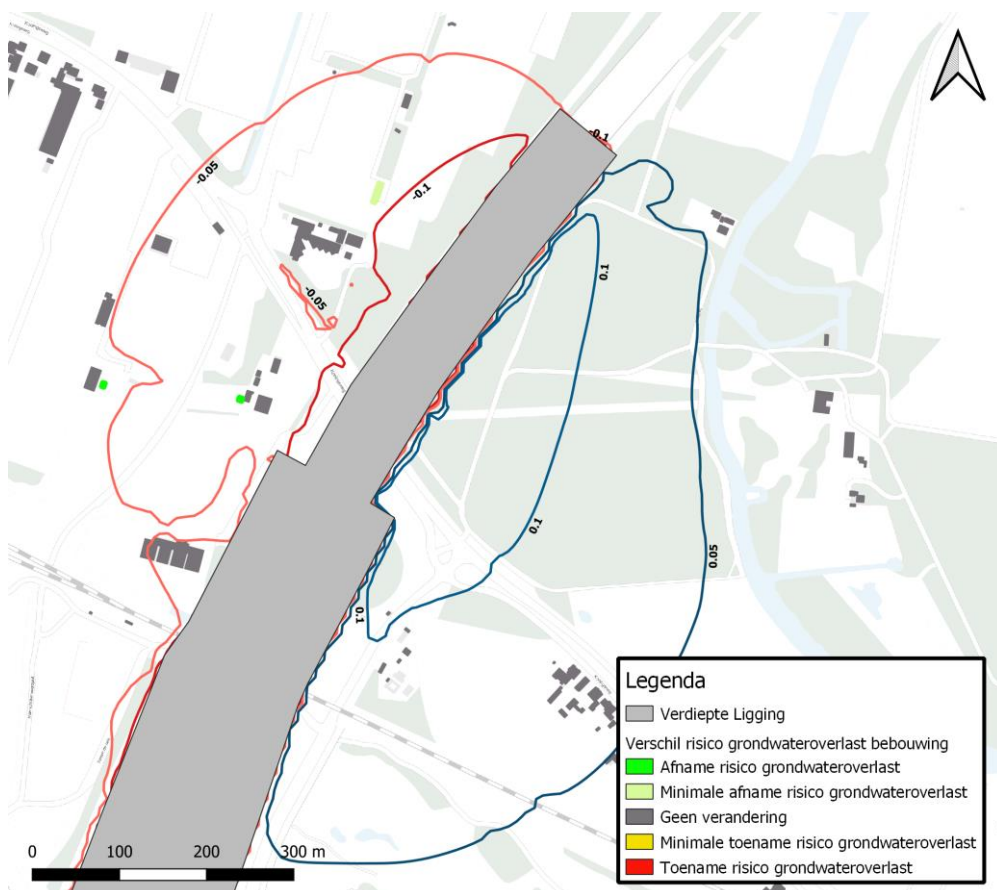
Door stijging van de grondwaterstand neemt de ontwateringsdiepte bij gebouwen en infrastructuur af. De ontwateringsdiepte wordt bepaald met behulp van de GHG, de gemiddeld hoogste grondwaterstand. Hierbij is de volgende classificatie voor de verandering in categorie van ontwateringsdiepte gehanteerd:

- er is geen wijziging van het risico op grondwateroverlast ten opzichte van de referentiesituatie (grijze kleur);
- er is een afname van het risico op grondwateroverlast, waarbij initieel een ontwateringsdiepte kleiner als 70 centimeter aanwezig was (licht groen of groen);
- er is een toename van het risico op grondwateroverlast, waarbij initieel een ontwateringsdiepte groter als 70 centimeter aanwezig was (oranje);
- in het geval van een rode kleur is de grondwaterstand in het scenario verplaatst naar een GHG ondieper dan 50 cm-mv : onvoldoende (rood).

Opgemerkt wordt dat deze methode en classificatie een indicatieve benadering is gebaseerd op een modelmatig berekende GHG en de AHN. De daadwerkelijke ontwateringsdiepte en eventueel risico op (toename van grondwateroverlast kan alleen worden vastgesteld met meting van de grondwaterstand (peilbuiswaarnemingen), meting diepte van de kruipruimte/kelder en inmeting van het maaiveld (beide door waterpassing t.o.v. in m NAP) ter plaatse.

Aan de hand van de berekende verandering van de GHG is de ontwateringsdiepte bij de gebouwen indicatief in beeld gebracht. In afbeelding 7.5 is de ontwateringsdiepte en de verandering als gevolg van de aanwezigheid schermwand weergegeven. Aan de noordwestzijde van de bak is enkel één pand aanwezig met een risicoafname van grondwateroverlast. In de eindsituatie verandert het risico op grondwateroverlast niet.

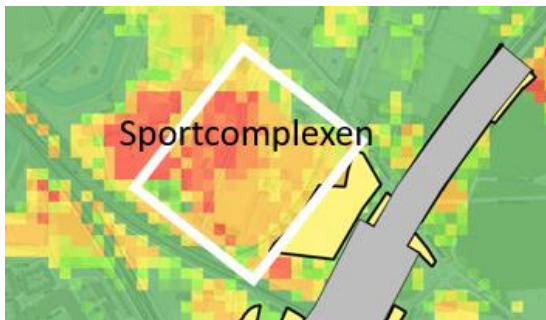
Afbeelding 7.5 Verandering freatische grondwaterstand in eindsituatie inclusief effect op grondwateroverlast bij bebouwing



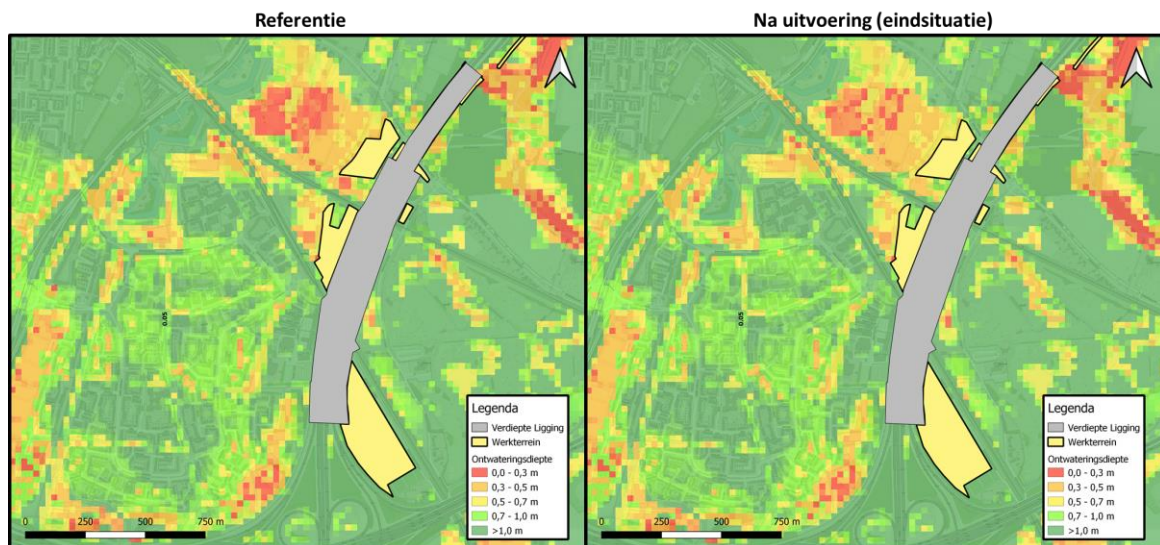
Naast grondwateroverlast op het gebied van bebouwing is grondwateroverlast op het gebied van infrastructuur en de sportcomplexen aan de noordwestzijde beschouwd (afbeelding 7.6). De berekende ontwateringsdieptes zijn gegeven in afbeelding 7.7.

Uit de resultaten volgt een verbetering van de situatie bij de sportcomplexen. De huidige situatie bij de sportcomplexen beschrijft een kleine ontwateringsdiepte. Een kleine toename in ontwateringsdiepte vindt plaats na uitvoering. Onder de sportcomplexen zijn geen kelders gerealiseerd en de sportvelden zijn voorzien van drainagesystemen. Een toenemend risico op grondwateroverlast bij infrastructuur en de sportcomplexen is uitgesloten.

Afbeelding 7.6 Locatie sportcomplexen nabij verdiepte ligging.



Afbeelding 7.7 overzicht minimale ontwateringsdieptes referentiesituatie versus eindsituatie



Voor de (nadere) uitwerking van het grondwatereffect op de ontwateringsdiepte bij gebouwen naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 7.4.

Tabel 7.4 Beoordeling ontwatering gebouwen

Criterium grondwater- kwantiteit	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
Ontwatering bij gebouwen	N.v.t	N.v.t	0-5 panden en gebouwen binnen gebied waar sprake is van toename	6-10 panden en gebouwen binnen gebied waar sprake is van toename	> 10 panden en gebouwen binnen gebied waar sprake is van toename

Eindsituatie

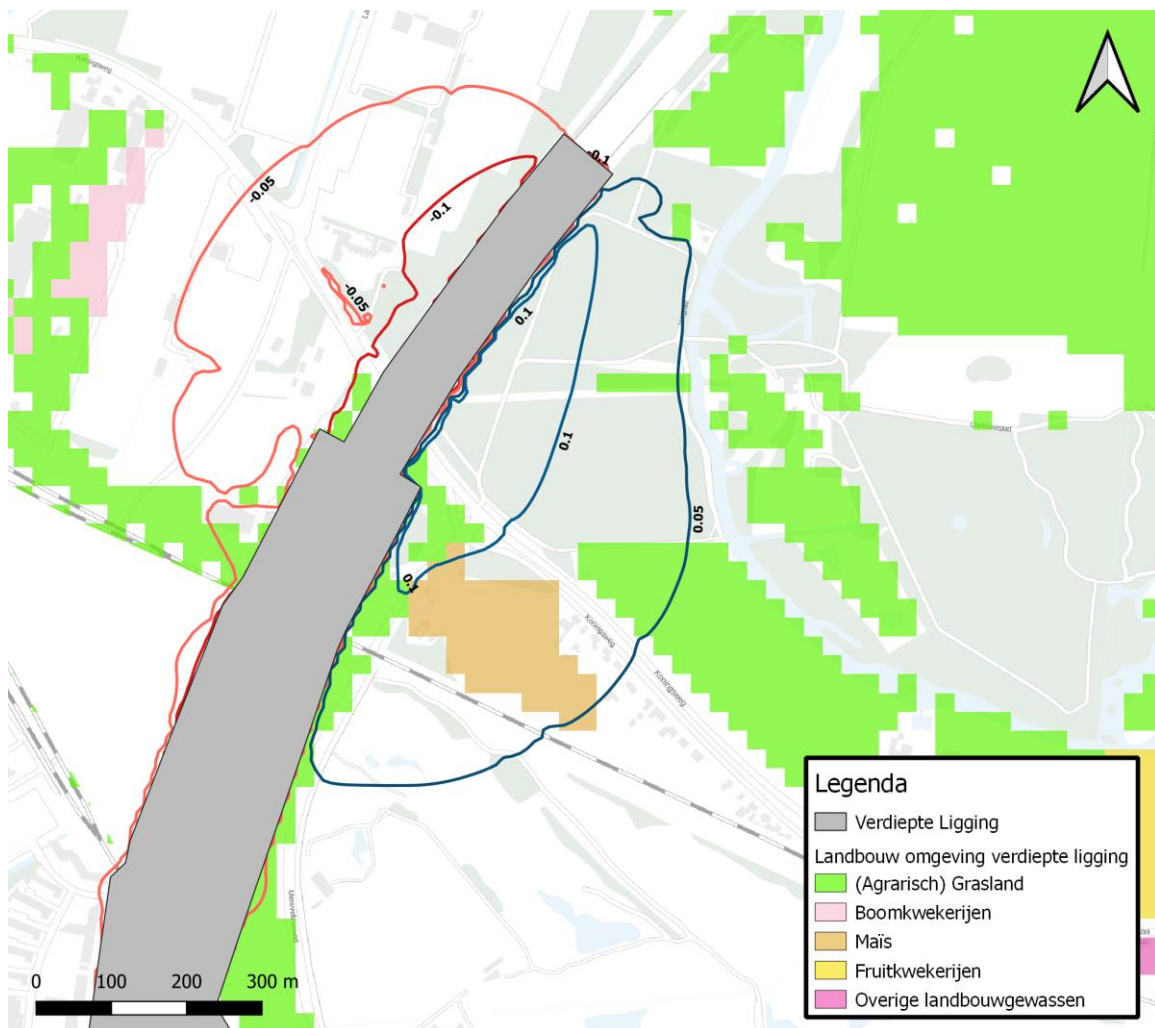
Criterium grondwater- kwantiteit	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
			grondwaterstan d > 0,3 m	grondwaterstan d > 0,3 m	grondwaterstan d > 0,3 m

De eindsituatie met schermwand heeft geen significant effecten op de ontwatering bij de panden. Het oordeel op het criterium grondwaterkwantiteit (ontwatering) is daarom neutraal.

7.5.4 Landbouw

Afbeelding 7.8 geeft de verlagings- en verhogingscontouren weer ten opzichte van de landsgebruikskaart. Ten opzichte van de landbouwgebieden worden niet of nauwelijks verhogingen en verlagingen groter als 10 centimeter berekend. Dit blijft onder de 10 hectare aan totaal oppervlak. Een effect op de landbouw wordt niet verwacht in de eindsituatie.

Afbeelding 7.8 Verlagings- en verhogingscontouren ten opzichte van de aanwezige landbouw in de eindsituatie



Voor de (nadere) uitwerking van het grondwatereffect op de landbouwkundige opbrengst naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 7.5.

Tabel 7.5 Beoordeling landbouwkundige effecten

Criterium grondwater- kwantiteit	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeet negatief
Landbouw	N.v.t.	N.v.t.	< 10 ha beïnvloed gebied & verandering grondwater- stand >20 centimeter	10 - 50 ha beïnvloed gebied & verandering grondwater- stand >20 centimeter	> 50 ha beïnvloed gebied & verandering grondwater- stand >20 centimeter

De eindsituatie met schermwand heeft geen significant effecten op landbouwkundige opbrengst. Het oordeel op het criterium grondwaterkwantiteit (landbouw) is daarom neutraal.

7.5.5 Grondwaterbeschermingsgebieden

De drinkwaterwinningen zijn aanwezig in het tweede watervoerende pakket. Er zijn geen grondwatereffecten in het tweede watervoerend pakket. Een effect op de drinkwaterwinningen en grondwaterbeschermingsgebieden worden niet verwacht voor de eindsituatie.

Voor de (nadere) uitwerking van het effect op de grondwaterbeschermingsgebieden naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 7.6.

Tabel 7.6 Beoordeling grondwaterbeschermingsgebieden

Criterium water	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
grondwaterbeschermingsgebieden	Invloedsgebied blijft ruim buiten beschermde gebieden	Invloedsgebied blijft buiten beschermde gebieden	Invloedsgebied reikt tot in grondwaterbeschermingsgebied, activiteit boven de dieptegrens (40 m -mv)	Invloedsgebied reikt tot in grondwaterbeschermingsgebied en activiteit tot onder de dieptegrens (40 m -mv)	Invloedsgebied reikt tot in waterwingebied

De eindsituatie met schermwand heeft geen effecten op grondwaterbeschermingsgebieden. Het oordeel op het criterium grondwaterbeschermingsgebied is daarom neutraal.

7.5.6 Waterhuishouding

Het oppervlaktewatersysteem kan ten gevolge van de aanleg van de schermwand een aantal tijdelijke aanpassingen krijgen. Er zijn geen complete doorsnijdingen van het systeem aanwezig. In de eindsituatie kan het oppervlaktewatersysteem naar oorspronkelijke staat hersteld worden. De eerste twee meter van de schermwand wordt verwijderd, waardoor waterlopen verplaatst kunnen worden naar hun oorspronkelijke positie. In dit geval ondervindt het oppervlaktewatersysteem geen effecten in de eindsituatie. Het oppervlaktewatersysteem is namelijk hersteld naar zijn oorspronkelijke staat.

Voor de vertaling van het effect op de waterhuishouding naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 7.7.

Tabel 7.7 Beoordeling waterhuishouding

Criterium water	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
waterhuishouding (doorsnijding)	Grote verbetering	Matige verbetering	Vrijwel geen verandering	Matige verslechtering	Grote verslechtering

De eindsituatie met schermwand heeft geen effecten op doorsnijding van de waterhuishouding. Het oordeel op het criterium waterhuishouding is daarom neutraal.

7.6 Natuur

Onder het criterium natuur gaat het om:

- beschermde gebieden (Natura 2000, Natuurnetwerk Nederland), zie 7.6.1;
- bos en stedelijk groen, zie 7.6.2;
- beschermde fauna, zie 7.6.3.

7.6.1 Beschermde gebieden

Natura2000

Het thema stikstof wordt beschreven in het overkoepelende MER A27/A12 Ring Utrecht en is daarmee geen onderdeel van dit specifieke deelrapport van het MER over de beoogde bouwmethode in de verdiepte ligging op de A27.

Natuurnetwerk Nederland (NNN)

In tabel 7.8 zijn de beoordelingscriteria voor de bouwmethode op Natuurnetwerk Nederland gebieden gegeven. In de eindsituatie zijn er geen significante effecten van de bouwmethode op Natuurnetwerk Nederland gebieden (Amelisweerd, Kromme Rijn) door extra ruimtebeslag, visuele verstoring, geluid, of trillingen. De effecten worden als neutraal beoordeeld.

De effecten op de vitaliteit van Amelisweerd als gevolg van geohydrologische beïnvloeding in de eindsituatie worden beschreven in paragraaf 7.6.2.

Tabel 7.8 Beoordeling beschermde gebieden

Criterium aspect Natuur	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
Beschermde gebieden (Natura 2000, Natuurnetwerk Nederland)	Groot positief effect	Beperkt positief effect	Geen/vrijwel geen effect	Gering negatief effect door ruimtebeslag, stikstofdepositie, visuele verstoring, verstoring door geluid en trillingen	Groot negatief effect door ruimtebeslag, stikstofdepositie, visuele verstoring, verstoring door geluid en trillingen

7.6.2 Bos en stedelijk groen (bos Amelisweerd, Lunetten incl. park De Koppel)

NNN-Wijzer

De NNN-wijzer van de provincie Utrecht is doorlopen door beantwoording van de verschillende vragen per onderdeel. Er is ook een rapportage voor het projectgebied opgesteld op basis van signaalkaarten. De kaarten geven informatie over de GVG (Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand) en natuurwaarden maar de rastergrootte is veel grover dan gehanteerd in het MER.

Op grond van de conclusie uit het onderdeel 'Oriëntatie' is een deskundig oordeel nodig: leidt de nieuwe ontwikkeling tot aantasting van het NNN? En, zo ja, gaat het om een significante aantasting? De relevante toetscriteria en het resultaat van de beoordeling is vermeld in tabel 7.9 Waar relevant wordt verwezen naar rapportages van andere onderzoeken die ten behoeve van dit MER zijn uitgevoerd. De focus van de beoordeling van effecten op bos en stedelijk groen ligt vooral op omgevingsfactoren 'bodem en water'.

Eindsituatie

Tabel 7.9 Ecologische beoordeling van de ingreep 'bouw schermwand' op basis van ecologische toetscriteria

Toets criterium	eindsituatie
Oppervlak	geen verandering
Samenhang	geen verandering
WKW - omgevingsfactoren	zie tekst onder deze tabel
WKW - robuustheid	geen effect
WKW - aanwezigheid bijzondere soorten	zie Sweco (september 2019)
WKW - verbindingsfunctie	geen effect

Omgevingsfactoren

Voor de beoordeling van effecten op bomen en kruidachtige vegetatie in de voorkomende natuurbeheertypen zijn de verwachte geohydrologische effecten als gevolg van de ingreep onderzocht. Het gaat daarbij om de omvang van de ingreep (grootte van de verandering in grondwaterstand en het areaal waarop dit optreedt) in relatie tot het voorkomen van natuurwaarden. De verandering in de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand voor de eindsituatie is berekend op circa 5 tot 10 centimeter. Aan de zijde van Amelisweerd uiten de hydrologische veranderingen zich vooral in de vorm van een stijging in het grondwaterpeil. In het westen van Amelisweerd komen ter hoogte van het Markiezenbos monumentale bomen voor (dbh¹ > 2 m) waaronder een beuk uit 1820 en een eik uit 1815 (Adviesbureau Maes, 2009). Hierbij wordt opgemerkt dat de bodem hier in de uitgangssituatie niet al te nat is. Op basis van de geringe hydrologische verandering van 5 tot 10 cm worden voor de natuurbeheertypen geen significante ecologische effecten verwacht (tabel 7.10).

Tabel 7.10 Kwalitatieve beoordeling natuurbeheertypen in relatie tot de hydrologische veranderingen voor de eindfase

Natuurbeheertype	eindsituatie
N12.02 Kruiden- en faunairijk grasland	0 (neutraal)
N14.03 Haagbeuken- en essenbos	<i>is berekend met waterwijzer (zie onder deze tabel)</i>
N16.04 Vochtig bos met productie	0 (neutraal)
N17.03 Park- of stinzenbos	0 (neutraal)
N17.06 Vochtig- en hellingsshakhout	0 (neutraal)

Waterwijzer Natuur

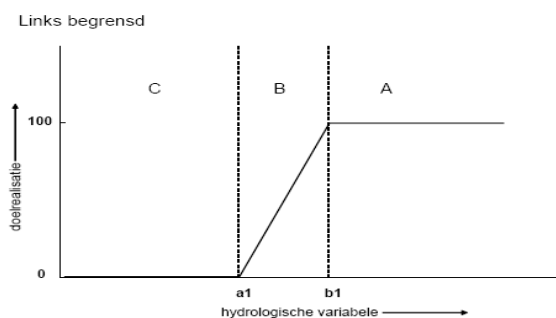
De berekeningen hebben zich geconcentreerd op het aandachtsgebied Amelisweerd en de daarin voorkomende natuurbeheertypen van het NNN. Voor stedelijk groen en Park de Koppel geldt dat geen significante effecten zullen optreden in de gebruiksfase (eindsituatie), als gevolg van een grondwaterstandsstijging van 5 á 10 cm (zie afbeelding 7.2).

Aandachtsgebied Amelisweerd

Het hydrologisch effect van de ingreep is nader onderzocht voor aandachtsgebied Amelisweerd. Alleen daar wordt het grondwater beïnvloed in de eindsituatie. Het Markiezenbos maakt onderdeel uit van het NNN en is grotendeels getypeerd als N14.03 (Haagbeuken- en essenbos). Voor dit doeltypen is het mogelijk een doelrealisatie te bepalen op basis van GVG (gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand) en droogtestress door gebruik te maken van de Waterwijzer Natuur. Hierbij is de doelrealisatie en droogtestress voor de uitgangssituatie vergeleken met de doelrealisatie in de eindsituatie om zo het effect te bepalen. Ook de overige in het bosgebied voorkomende natuurbeheertypen zijn in de berekening aangeduid als N14.03, zodat voor dit areaal een Waterwijzer berekening mogelijk is. Door het hele bosareaal als N14.03 aan te merken worden de berekeningen als een bovenschatting (worst-case) gezien van de ecologisch effecten.

¹ Diameter at breast height

Er is voor N14.03 een doelrealisatie-functie met knikpunten beschikbaar voor GVG en droogtestress. De knikpunten staan vermeld in tabel 7.11. Als de waarde tussen B1 en B2 ligt dan is de doelrealisatie 100 %. Als de waarde lager is dan A1 of groter dan A2 dan is de doelrealisatie 0 %. Tussen A1 en B1 en tussen B2 en A2 varieert de doelrealisatie tussen de 100 en 0 %.



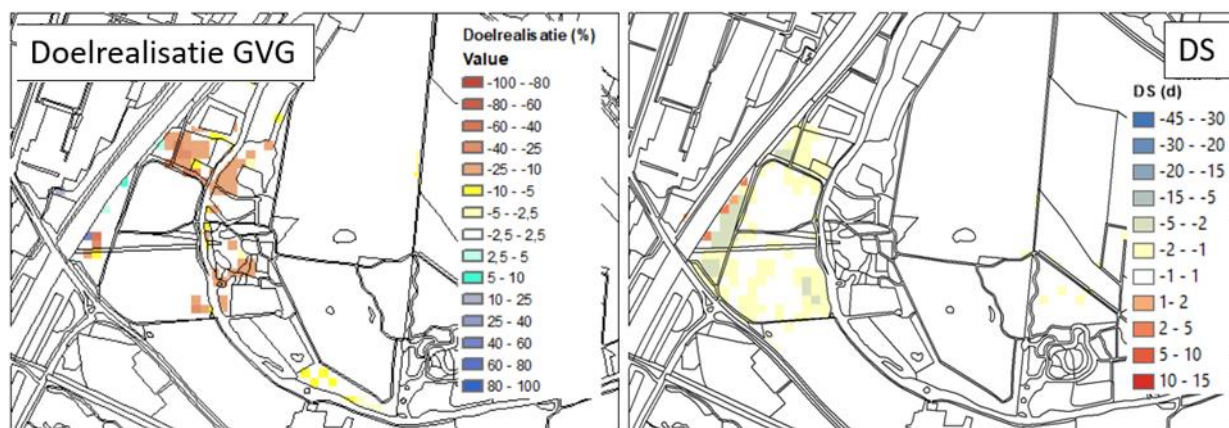
Tabel 7.11 Doelrealisatiefuncties voor N14.03 (Haagbeuken- en essenbos)

	A1	B1	B2	A2
GVG [cm tov maaiveld]	10	30	999	999
DS [dagen]	-9999	-9999	25	40

Beoordeling hydrologische effecten Amelisweerd

De resultaten van de effectberekening staan weergegeven in afbeelding 7.9. Uit de effectberekeningen blijkt (als gevolg van een stijging van de GVG met 5 tot 10 cm) een afname in doelrealisatie voor de (lager gelegen) delen van het Markiezenbos (de afname ligt in de klasse 2,5-25 %). Voor droogtestress wordt een verandering van circa 2 % berekend. Dergelijke verandering worden als significant beschouwd.

Afbeelding 7.9 Verandering in doelrealisatie Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand (GVG), droogtestress (DS), voor de eindfase



Op basis van onderstaande tabel 7.12 zijn deze effecten van de veranderingen in de grondwaterstand op het bos Amelisweerd beoordeeld.

Tabel 7.12 Beoordeling bos en stedelijk groen

Criterium aspect	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
Natuur					
Bos/stedelijk groen	Groot positief effect	Beperkt positief effect	Geen significant effect	Gering negatief effect op hydrologie/grondwater en vitaliteit bomen	Groot negatief effect op hydrologie/grondwater en vitaliteit bomen

Uitgaande van de resultaten en de beoordelingscriteria wordt het effect van de eindsituatie op de natuurbeheertype N14.03 in het aandachtsgebied Amelisweerd als negatief (-) beoordeeld vanwege de significante afname van de doelrealisatie van de GVG (als gevolg van de toename in natschade). Dit negatieve effect kan worden gemitigeerd door gebruik te maken van een mitigerende maatregel (drain Amelisweerd). Met deze maatregel stuurt men op de grondwaterstand zodat deze niet buiten het bereik komt van het natuurlijk langjarig bereik aan grondwaterstanden.

Mitigerende maatregel

Er is een mitigerende maatregel nodig om het negatieve effect in de eindsituatie op Amelisweerd te mitigeren. De maatregel omvat de toepassing van een drain. Uitwerking hiervan is gegeven in paragraaf 9.2.

De eindsituatie met schermwand heeft met de mitigerende maatregelen (drain) geen ecohydrologisch effect op Amelisweerd. Het oordeel op het criterium effecten op aandachtsgebied Amelisweerd is daarom neutraal (0).

Tabel 7.13 Eindbeoordeling NNN-natuurbeheertypen in relatie tot de hydrologische veranderingen voor de eindfase

Natuurbeheertype	Eindsituatie	Eindsituatie met mitigatie
N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland	0	0 (neutraal)
N14.03 Haagbeuken- en essenbos	-	0 (neutraal)
N16.04 Vochtig bos met productie	0	0 (neutraal)
N17.03 Park- of stinzenbos	0	0 (neutraal)
N17.06 Vochtig- en hellingshakhout	0	0 (neutraal)

7.6.3 Beschermd fauna

Op basis van tabel 7.14 zijn deze effecten van de schermwand door visuele verstoring, en verstoring door geluid en trillingen op het bos Amelisweerd beoordeeld.

Tabel 7.14 Beoordeling beschermde fauna

Criterium aspect Natuur	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
Beschermd fauna	Groot positief effect	Beperkt positief effect	Geen significant effect	Gering negatief effect door visuele verstoring, verstoring door geluid en trillingen	Groot negatief effect door visuele verstoring, verstoring door geluid en trillingen

In de eindsituatie bevindt de schermwand zich onder de grond en leidt daarmee niet tot significant negatieve effecten op beschermde fauna door ruimtebeslag, visuele verstoring, geluid, trillingen of stikstofdepositie. Het oordeel op dit criterium is daarom neutraal (0).

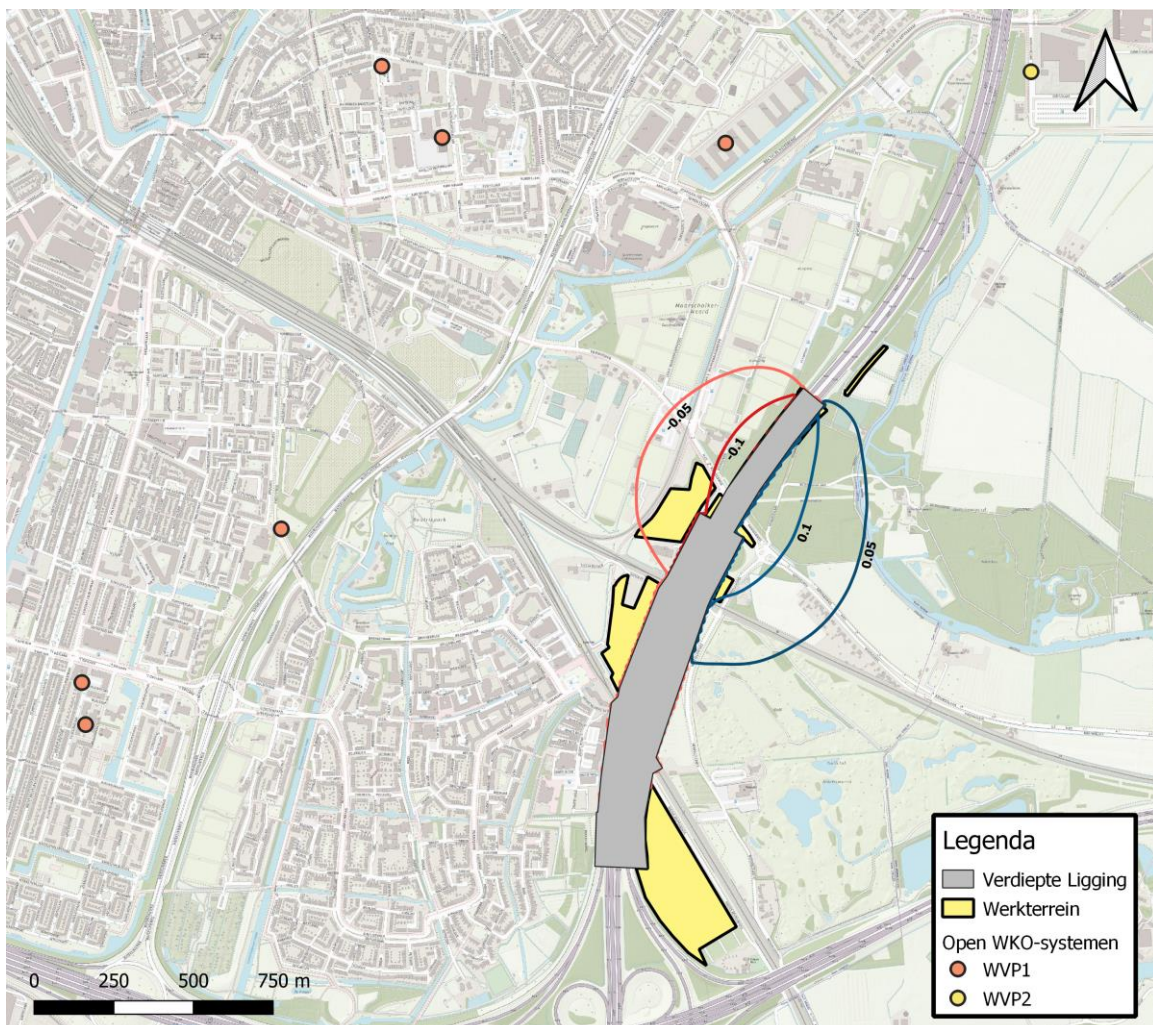
7.7 Bodem

Binnen het invloedsgebied van het grondwatereffect zijn geen bodem- en grondwater verontreinigingen bekend. Derhalve heeft de schermwand geen effect op verontreinigingen in de omgeving.

Bodemenergiesystemen

De locaties en diepteligging van de bodemenergie systemen zijn gegeven in afbeelding 7.10. Enkel de open systemen (WKO, ofwel Warmte- en Koude Opslag) zijn beschouwd, aangezien de gesloten systemen geen effecten van grondwaterstromingsveranderingen ondervinden. De WKO-systemen in het eerste watervoerend pakket liggen buiten het hydrologisch invloedsgebied van de eindsituatie met schermwand. Het tweede watervoerend pakket ondervindt in de eindsituatie geen veranderingen ten opzichte van de referentiesituatie. Een effect op de WKO-systemen wordt in de eindsituatie niet verwacht.

Afbeelding 7.10 Locaties WKO-systemen ten opzichte van stijghoogteveranderingen eerste watervoerend pakket in eindsituatie



De eindsituatie met schermwand heeft geen effecten op de bodem. Het oordeel op het criterium bodem scoort neutraal (0).

7.8 Ruimte en ruimtelijke kwaliteit

In de eindsituatie zijn er voor dit milieuaspect ruimtelijk kwaliteit, specifiek in relatie tot de schermwand, geen effecten. Het oordeel op het criterium ruimtelijke kwaliteit is daarom neutraal (0).

7.9 Landschap en cultuurhistorie

In de eindsituatie zijn er voor dit milieuaspect landschap en cultuurhistorie, specifiek in relatie tot de schermwand, geen effecten. Het oordeel op het criterium landschap en cultuurhistorie is daarom neutraal.

7.10 Archeologische waarden

In de eindsituatie blijft de schermwand in de ondergrond aanwezig. Het effect dat hierdoor kan optreden is een structurele grondwaterstandsverandering. Dit effect is reeds gepresenteerd in afbeelding 7.2. In deze paragraaf wordt het effect van deze structurele grondwaterstandsverandering beschreven op archeologische (verwachtings)waarden. Deze effecten zijn in beeld gebracht door Vestigia (mei 2020).

Uit Vestigia (mei 2020) blijkt dat het effect op de aanwezige en te verwachten archeologische waarden als gevolg van de verandering van de grondwaterstand op de lange termijn (blijvende effect) minimaal is.

Effect grondwaterstandsverandering op bekende vindplaatsen (en specifiek voor vindplaats 12)

Verlaging van de grondwaterstand kan een negatief effect hebben op de conserveringstoestand van archeologische resten, zoals uit eerdere onderzoeken blijkt. Een permanente verlaging treedt echter nauwelijks op; de maximale grondwaterstands daling bedraagt 0,1 meter over een klein gebied (waarbinnen vindplaats 12 zich bevindt). De archeologisch relevante laag van vindplaats 12 ligt ook nu al (ruim) boven gemiddeld grondwaterniveau. Er treedt ook plaatselijk een permanente grondwaterstands stijging op (maximaal 0,1 meter). Een stijging van de grondwaterstand heeft in zijn algemeenheid geen bewezen negatief effect op de conserveringstoestand van archeologische resten. In relatie tot de jaarlijkse (gemiddeld 0,5-0,7 meter) en historische grondwaterfluctuaties zijn zowel de verlaging als de stijging in de grondwaterstand te verwaarlozen. Binnen het gebied waarin permanente effecten worden verwacht bevinden zich naast vindplaats 12 geen andere bekende archeologische waarden.

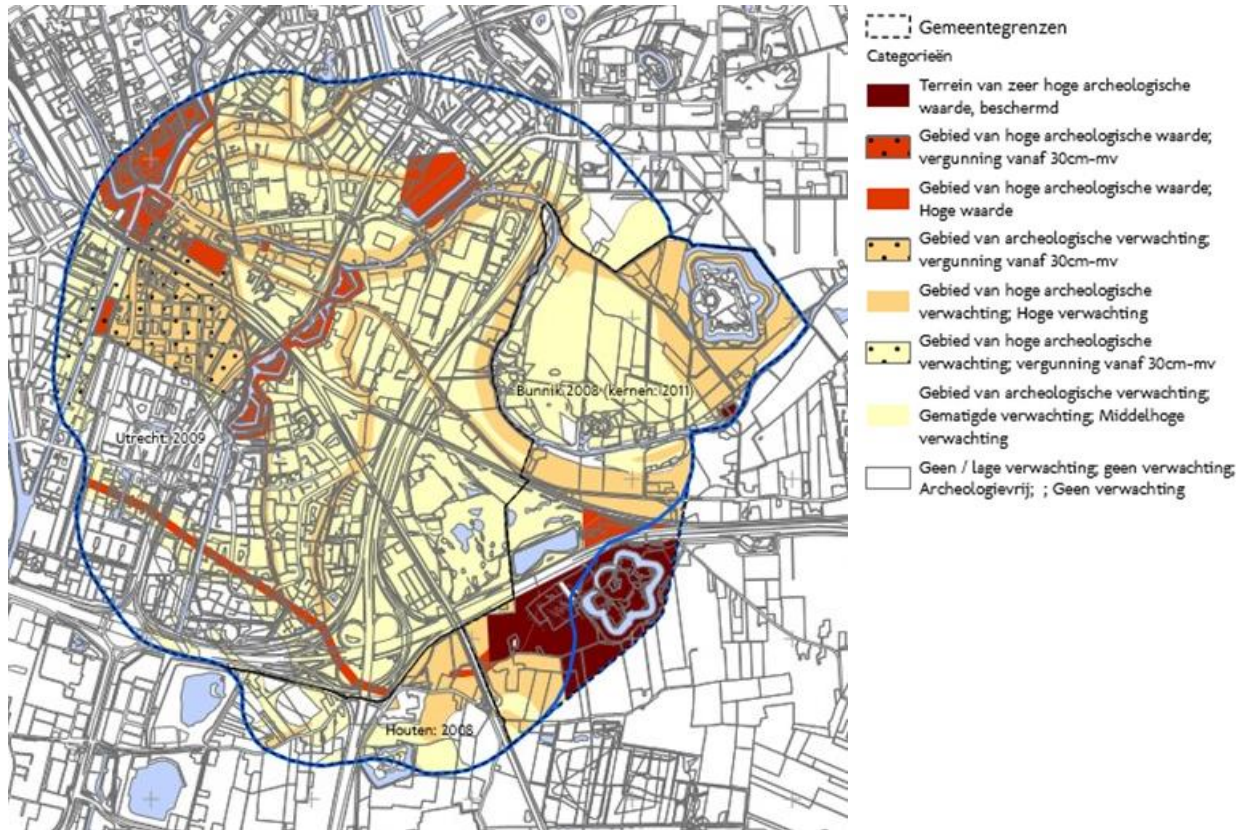
Effect grondwaterstandsverandering op niet opgespoorde archeologie (archeologische waarden)

Ook voor wat betreft de nog niet opgespoorde archeologie geldt een beperkt risico. Over het algemeen bevinden de archeologisch relevante lagen zich in de gebieden met een hoge verwachting (zie afbeelding 7.11) boven grondwaterniveau. Een uitzondering hierop zouden de sporen en/of vondsten kunnen zijn, gelegen in dieper gelegen restgeulen binnen het 'Utrechtse Stroomstelsel' en afgedekte crevassen in komgebieden. Deze restgeulen binnen het 'Utrechtse Stroomstelsel' en afgedekte crevassen vallen echter weer buiten de gebieden waar een daling van de grondwaterstand wordt verwacht.

Beoordeling

In de eindsituatie zijn er voor dit milieuaspect archeologie, specifiek in relatie tot de schermwand, geen effecten te verwachten. Het oordeel op het criterium archeologie (doorsnijding) is daarom neutraal.

Afbeelding 7.11 De archeologische verwachting (nog niet opgespoorde archeologie) op basis van de gemeentelijke verwachtingskaarten van Bunnik, Houten en Utrecht (bron: (Vestigia, september 2018) (Vestigia, mei 2020))



7.11 Totaaloverzicht effectbeoordeling eindsituatie

Een totaaloverzicht van de effectbeoordeling is gegeven in tabel 7.15.

Tabel 7.15 Effectbeoordeling eindsituatie schermwand

Milieuaspect / criteria	Score	
	Voor mitigatie	Na mitigatie
(Bouw)verkeer / doorstroming	nvt	nvt
Geluid / geluidsbelasting omgeving	nvt	nvt
Luchtkwaliteit / jaargemiddelde concentratie NO ₂ , PM ₁₀ en PM _{2,5}	nvt	nvt
Water		
Grondwaterkwantiteit:		nvt
- grondwatereffect	0	
- zettingen	0	
- ontwatering	0	
- landbouw	0	
Grondwaterbeschermingsgebieden	0	nvt
Waterhuishouding / doorsnijding	0	nvt
Natuur /		
Beschermde gebieden	0	nvt
Bos en stedelijk groen (Bos Amelisweerd, Lunetten incl. Park De koppel)	-	0
Beschermde fauna	0	nvt
Bodem /		
Beïnvloeding bodemkwaliteit	0	
Beïnvloeding WKO-systemen	0	
Ruimtelijke kwaliteit / ruimtebeslag	0	nvt
Landschap en cultuurhistorie / verandering openheid en zichtlijnen	0	nvt
Archeologie / beïnvloeding archeologische verwachtingswaarden	0	nvt
Duurzaamheid	nvt	nvt

8

MILIEUEFFECTEN TIJDENS BOUWFASE

8.1 Inleiding

Aanleg schermwand

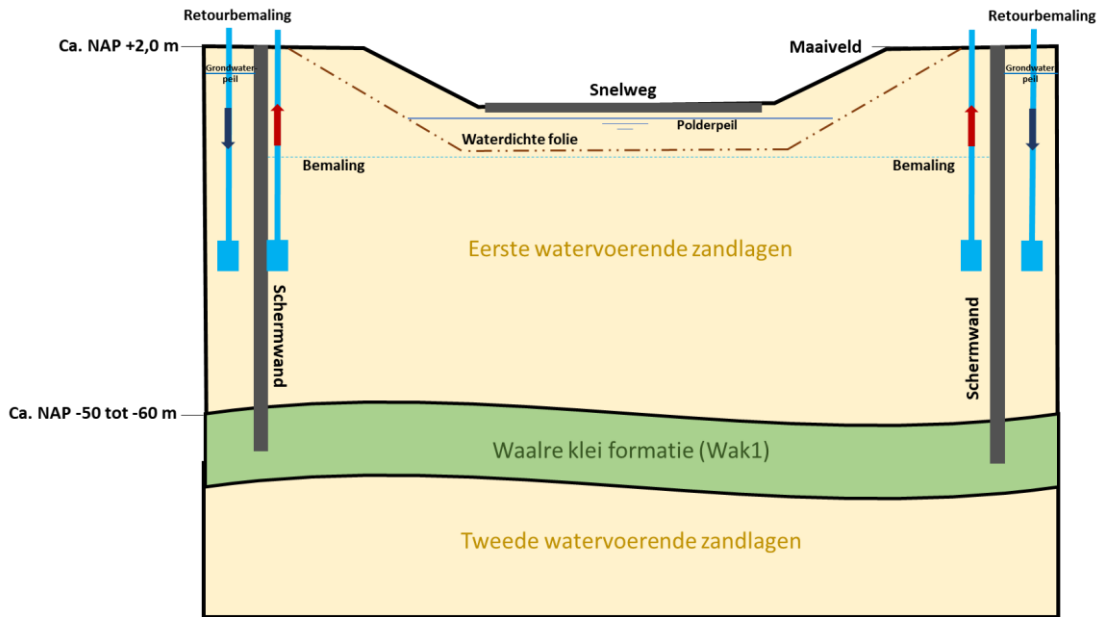
De 3,7 km lange schermwand wordt aangelegd met behulp van 4 freesmachines (productie 15 m/machine/week). De freesmachines starten elk op een andere plaats. Na circa 15 maanden is de schermwand gesloten en gereed. Tijdens de aanleg van de schermwand is geen grondwateronttrekking nodig. Voor het benodigde (werk)water wordt drinkwater gebruikt, afkomstig van het drinkwaterleidingnet van Vitens (zie hoofdstuk 2).

Realisatie wegverbreding

Na het gereed komen van de schermwand kan de realisatie van de wegverbreding starten. Voor de realisatie van de wegverbreding wordt middels een bemaling binnen de schermwanden een tijdelijke polder gecreëerd met een grondwaterstand van NAP- 6 m, zie afbeelding 8.1. Hiervoor wordt de grondwaterstand binnen de tijdelijke polder met 6,5 meter verlaagd gedurende circa 18 maanden.

De grondwaterstandsverlaging in de polder heeft ondanks de schermwand een uitstraling naar de omgeving (vanwege lekkage door schermwand en bodem (WAK1)). Daarnaast mag het onttrokken grondwater vanwege de waterkwaliteit niet worden geloosd op het oppervlaktewater (eis Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden). Vanwege bovenstaande twee redenen is gekozen voor een 100 % retourbemaling als mitigerende maatregel om de effecten van de bemaling te beperken. De retourputten worden eveneens geplaatst in het eerste watervoerend zandpakket binnen de TB-grens en binnen de werkgrenzen, zie afbeelding 8.1.

Afbeelding 8.1 Doorsnede met bemalingsput- en retourput ter hoogte van de folieconstructie



In de volgende paragrafen zijn de effecten van de diverse milieuaspecten in de bouwfase geanalyseerd. Qua milieuaspecten is niet exact de volgorde uit het MER 2e fase gehanteerd, omdat voor de bouwmethode met schermwand een ingreep is in het grondwatersysteem. Vandaar dat effectbeschrijving op water naar voren is gehaald. Voor elk milieuaspect is de maatgevende situatie beschouwd, zodat inzicht wordt gekregen in de maximale effecten

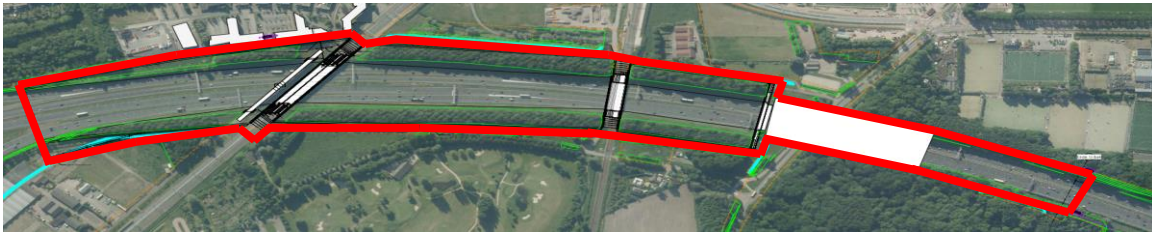
8.2 Verkeer

Maatgevend voor de verkeerseffecten is de situatie tijdens de aanleg van de schermwand. De realisatie van de schermwand heeft effecten op verkeerskundig gebied. In deze paragraaf worden deze verkeerseffecten op zowel het hoofdwegennet (HWN) als het onderliggende wegennet (OWN) en de onderbouwing voor de gemaakt keuzes kort belicht. Tevens wordt een indicatie gegeven van de te verwachten transportbewegingen op de werkerreinen Stadskwekerij en Koningsweg.

8.2.1 Effecten op het Hoofdwegennet (HWN)

De realisatie van de schermwand van cement- bentoniet (CB-wand) betekent ook dat de diepwand de A27 aan zowel de noord- als zuidzijde van de te creëren 'polder' de A27 moet kruisen. Hiervoor is het noodzakelijk de A27 voor een korte meerdaagse periode in beide richtingen in zijn geheel af te sluiten (zie afbeelding 8.2).

Afbeelding 8.2 Bovenaanzicht schermwand (rode contour) met doorsnijding A27 en kruisende onderliggende verbindingen



Noodzaak en bekeken alternatieven

De doorsnijding van de A27 aan de zuidzijde is vanwege de gescheiden rijbanen en/of verbindingswegen relatief eenvoudig te faseren zonder forse capaciteitsreducties.

De doorsnijding aan de noordzijde is wat betreft fasering echter veel lastiger omdat hier sprake is van 2 direct aan elkaar grenzende rijbanen.

Ten aanzien van de fasering van de doorsnijding van de A27 aan de noordzijde, zijn er 2 mogelijkheden, namelijk:

- 1 een 9-daagse volledige afsluiting van de A27 tussen de knooppunten Rijnsweerd en Lunetten (dus gelijktijdig zowel in noordelijke als zuidelijke richting). In deze 9-daagse periode worden de wanden aan beide zijden geplaatst. Het heeft de voorkeur de 9-daagse periode afsluiting te laten plaatsvinden in de verkeersluwe zomerperiode, indien de planning en uitvoeringsfasering dat toelaat;
- 2 voor ongeveer 1 maand maar 2 rijstroken per rijrichting beschikbaar voor het verkeer i.p.v. de huidige 4 rijstroken in zuidelijke richting en de huidige 6 rijstroken in noordelijke richting.

Vanuit het oogpunt van het beperken van de verkeershinder (MinderHinder) is in het kader van de referentiefasering gekozen voor mogelijkheid 1. Hieraan ligt ten grondslag:

- de communicatieboodschap richting weggebruikers en omgeving is veel duidelijker te brengen bij een volledige afsluiting dan bij een gedeeltelijke afsluiting;
- wanneer een weg gedeeltelijk, met een beperkt aantal rijstroken, open blijft zal de drijfveer voor automobilisten om hun reisgedrag aan te passen veel kleiner zijn. De kans op langdurige zeer ernstige hinder op het netwerk is daarmee veel groter;
- de gesommeerde verwachte verkeershinder bij 'langdurige' gedeeltelijke afsluiting is hoger dan de gesommeerde verwachte verkeershinder bij een kortdurende volledige afsluiting;
- de effectiviteit van inzet van Mobiliteitsmaatregelen en communicatie is naar verwachting bij kortdurende afsluiting hoger dan bij een langdurige gedeeltelijke afsluiting. Reizigers zijn eerder bereid om een aantal dagen een ander vervoermiddel of tijdstip te kiezen (of zelfs vakantie) dan om dit gedrag gedurende langere tijd uit te voeren.

Ten aanzien van de eventuele mogelijkheid om de afsluiting in zuidelijke richting iets te bekorten geldt dat dit onwenselijk is. De communicatieboodschap richting weggebruikers en omgeving is veel duidelijker te brengen bij een gelijke duur van de afsluiting in noordelijke- en zuidelijke richting.

Verkeerskundige effecten

Op basis van een kwalitatieve analyse van de (mogelijke) uitstraling en netwerkeffecten kan met enige zekerheid worden gesteld dat de netwerkeffecten in nagenoeg de gehele provincie Utrecht merkbaar zullen zijn. Er zal sprake zijn van ernstige verkeershinder, zeker overdag van 5:30 tot 20:00. Er wordt ingezet het langeafstandsverkeer op het HWN met de landelijke regelscenario's om te leiden. Dat houdt in dat zowel de A1, A2, A12 als de A30 nog zwaarder belast zullen worden.

Het regionale verkeer zal gedurende de afsluiting van de A27 (nog) meer gebruik gaan maken van het provinciale wegennet, met name de N237, N224, N226, N227 en N411.

Het (lokale) verkeer zal zonder specifieke beheersmaatregelen massaal gebruik gaan maken van de Waterlinieweg, Koningsweg en de doorgaande routes door Zeist (mogelijk ook de Koelaan tussen Bunnik en Zeist). Dit wordt met een gezamenlijke MinderHinderaanpak voorkomen.

MinderHinderaanpak

Gedurende de bouwfase wordt een MinderHinderaanpak ingezet om de verkeershinder voor de weggebruiker zo veel mogelijk te minimaliseren. Deze MinderHinderaanpak zal in ieder geval bestaan uit:

- zware inzet op communicatie;
- zware inzet op (gericht) mobiliteitsmanagement (gericht op specifieke doelgroepen);
- waar mogelijk alternatieve vervoerswijzen verbeteren, bijvoorbeeld inzet op (extra-)OV, fiets;
- gericht toepassen van verkeersmanagement;
- daar waar mogelijk gewenste alternatieve routes faciliteren; waar noodzakelijk maatregelen treffen tegen gebruik van ongewenste routes.

8.2.2 Effecten op het onderliggende wegennet (OWN)

De realisatie van de diepwand betekent ook dat de diepwand de kruisende verbindingen op het OWN, feitelijk de oost-west verbindingen over de te creëren 'polder', moet kruisen. Hiervoor is het noodzakelijk deze verbindingen voor een korte periode in zijn geheel af te sluiten. Het betreft:

- 1 De Koningsweg (N411);
- 2 Tussen de Rails;
- 3 Nieuwe Houtenseweg.

Voor Tussen de Rails en de Nieuwe Houtenseweg geldt dat deze naast spoorverbindingen liggen (respectievelijk de verbinding Utrecht – Arnhem en Utrecht – 's Hertogenbosch).

De beoogde afsluitingen (op basis van de referentiefasering) zijn in tabel 8.1 weergegeven.

Tabel 8.1 Afsluitingen

Verbinding	Beoogde afsluiting
Koningsweg	2 x weekendafsluiting
Tussen de Rails	1 x 7 dagen Afsluiting is gekoppeld aan treinvrije periode (TVP) T.b.v. het kruisen met het spoor Mereveld wordt uitgegaan van een 7-daagse TVP
Nieuwe Houtenseweg:	Maximaal 19 weken (verdeeld over 3 periodes met een tussenperiode van minimaal 3 maanden).

Alternatieve routes

Genoemde afsluitingen betreffen de maximale duur van de afsluitingen die zijn opgenomen als contracteis. In het contract is tevens opgenomen dat er gedurende de realisatie geen sprake mag zijn van gelijktijdige afsluitingen van parallelle routes. Er is daarmee altijd een alternatieve route beschikbaar met zeer beperkte omrijdtijden. In tabel 8.2 en tabel 8.3 zijn de alternatieve routes weergegeven.

Tabel 8.2 Alternatieve routes

Verbinding	Beschikbare alternatieve route	Omrijdtijd (fiets)	Omrijdtijd (auto)
Koningsweg	Tussen de Rails (fiets)	3 minuten	3, zie onder (1)

Verbinding	Beschikbare alternatieve route	Omrijdtijd (fiets)	Omrijdtijd (auto)
	A12 (auto)		
Tussen de Rails	Koningsweg (fiets) Nieuwe Houtenseweg (fiets)	3 minuten	nvt
Nieuwe Houtenseweg	Fietsbrug de Koppel (A12) (fiets) Tussen de Rails / Mereveldseweg Koningsweg (auto)	2 tot 4 minuten	Zie onder (2) Tabel 8.3

- (1) Voor de Koningsweg geldt dat de omrijdtijd (auto) sterk afhankelijk is van de specifieke herkomst en bestemming. Genoemde omrijdtijd betreft de (voorbeeld)route Bunnik centrum –Utrecht Stadionlaan.
- (2) Voor de Nieuwe Houtenseweg geldt dat de tijdelijke omleidingsroute voor auto-bestemmingsverkeer (bijvoorbeeld Listerboerderij) meerdere omleidingsroutes beschikbaar zijn.

Tabel 8.3 Alternatieve routes voor Nieuwe Houtenseweg

Verbinding	Beschikbare alternatieve route	Omrijdtijd (auto) (3)
Nieuwe Houtenseweg	Vanuit noordelijke richting (Koningsweg) via Mereveldseweg, Fortweg en Oude Mereveldseweg	8 minuten
	Vanuit zuidelijke richting (N409) via Fortweg en Oude Mereveldseweg	5 minuten

- (1) Genoemde omrijdtijden betreft de (voorbeeld)routes Utrecht ('t Goyplein – Listerboerderij)

Samen met de betrokken aannemer wordt na gunning bekeken of de duur van de afsluiting kan worden ingekort.

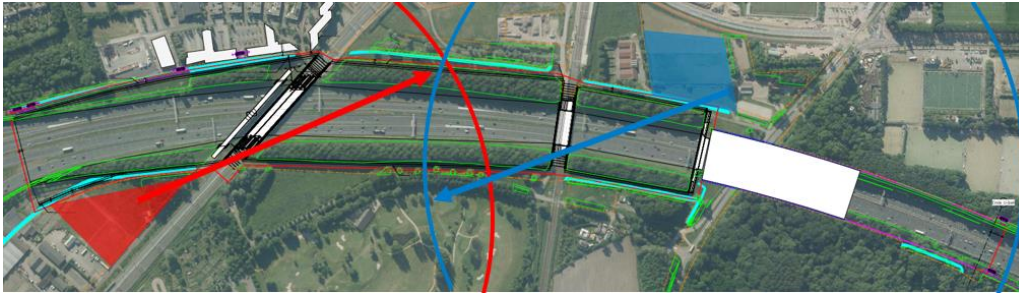
8.2.3 Bouwverkeer

In deze paragraaf een indicatie gegeven van de te verwachten transportbewegingen op de werkerreinen Stadskwekerij en Koningsweg. De aantallen transporten betreffen de transporten van en naar het werkerrein aan de Koningsweg en voormalige Stadskwekerij, er kan nog geen uitspraak worden gedaan waar deze transporten vandaan komen / naar toe gaan. Wel kan worden aangegeven dat het werkerrein voormalige stadskwekerij alleen via het HN wordt ontsloten (via contracteisen) en dat het werkerrein Koningsweg alleen via het OWN (Utrecht of Bunnik) kan worden ontsloten. Hier worden afspraken over vastgelegd met betreffende wegbeheerders. Voor de aansluiting van het werkerrein op het voormalige stadskwekerij wordt de verbindingsboog A12 – A27 in de tijdelijke situatie verlegd en sluit op een andere locatie aan op de hoofdrijbaan A27. Hierdoor komt de huidige verbindingsboog A12-A27 vrij en beschikbaar voor de afrit naar en toert vanuit het werkerrein 'voormalige stadskwekerij.

Werkterreinen

Binnen het tracé van de verdiepte ligging zijn een tweetal werkerreinen gesitueerd, in afbeelding 8.3 is in het rood het werkerrein 'Voormalige Stadskwekerij' en in het blauw werkerrein 'Koningsweg' globaal weergegeven. Voor de transportbewegingen wordt ervan uit gegaan Koningsweg gebruikt wordt voor de gehele betonbak en 50 % van de wanden in Foliepolder, het overige deel gaat naar de Stadskwekerij.

Afbeelding 8.3 Verdeling aan en afvoer werkkerreinen



Model 'Rijksweg 27 folie totaal' is gebruikt voor het bepalen van het aantal strekkende meters schermwand ter plaatste van de verdiepte ligging. De resultaten zijn weergegeven in tabel 8.4.

Tabel 8.4 Strekkende meter wand

Oude Stadskwekerij	m ¹	m ³
CB-wand	1200	1200x0,8x76= 72960
Ongewapende diepwand	75	75x1,5x76= 8550
Koningsweg	m ¹	m ³
CB-wand	1.290	1.200x0,8x76= 78.432
Ongewapende diepwand	75	75x1,5x76= 8.550
Gewapende diepwand	480	480x1,5x76= 51.300
CB-wand met afgehangen diepwand	500	500x0,8x76= 57.000

Transportbewegingen Oude Stadskwekerij

Voor het bepalen van het aantal transporten zijn de hoeveelheden uit tabel 8.4 omgezet in m³ grond en tonnen bouwmaterialen. Door deze vervolgens te delen door de gemiddelde inhoud van een voertuig is bepaald hoeveel transportbewegingen er plaatsvinden voor het maken van de CB-wand en de ongewapende diepwand die vanuit werkkerrein Oude Stadskwekerij bevoorrad worden:

- diepwanden. Voor de diepwanden is 75m³ die gebouwd wordt en af en aangevoerd wordt vanuit de Oude Stadskwekerij. Hierbij wordt uitgegaan van 6 meter per dag, dus een totaal van 13 dagen (<1 maand). In totaal gaan er t.b.v. het maken van de diepwanden 1138 transporten in 13 dagen, dit komt neer op een gemiddelde van 91 transporten per dag;
- CB-wanden. Voor de CB-wand is 1200m³ die gebouwd wordt af en aangevoerd wordt vanuit de Oude Stadskwekerij. Hierbij wordt uitgegaan van 6m per dag, dus een totaal van 200 dagen (7 maanden). In totaal gaan er t.b.v. het maken van de CB-wanden 5468 transporten in 200 dagen, dit komt neer op een gemiddelde van 27 transporten per dag.

Transportbewegingen Koningsweg

Voor het bepalen van het aantal transporten t.b.v. de wanden zijn de hoeveelheden uit tabel 8.4 omgezet in m³ grond en tonnen bouwmaterialen. Door deze vervolgens te delen door de gemiddelde inhoud van een voertuig is bepaald hoeveel transportbewegingen er plaatsvinden voor het maken van de wanden die vanuit werkkerrein Koningsweg bevoorrad worden:

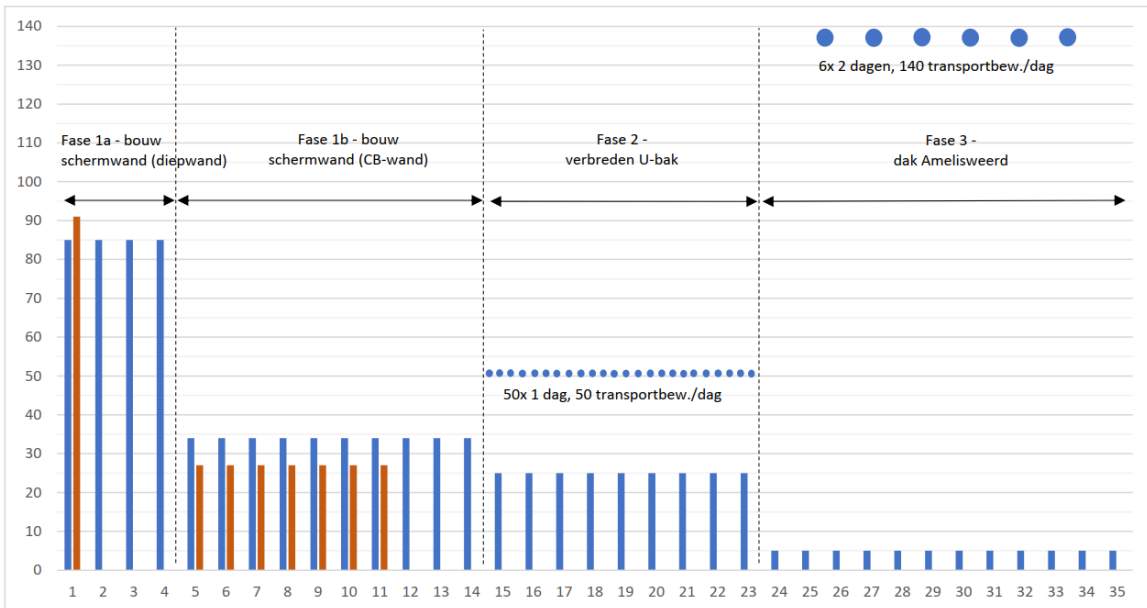
- Fase 1a diepwanden. Voor de diepwanden is in totaal 555m³ (450+75) wand die gebouwd wordt en af en aangevoerd wordt vanuit de Koningsweg. Hierbij wordt uitgegaan van 6 meter per dag, dus een totaal van 93 dagen (3 maanden). In totaal gaan er t.b.v. het maken van de diepwanden 7969 transporten in 93 dagen, dit komt neer op een gemiddelde van 85 transporten per dag;
- CB-wanden. Voor de CB-wanden is in totaal 1790m³ (1290+500) wand die gebouwd wordt en af en aangevoerd wordt vanuit de Koningsweg. Hierbij wordt uitgegaan van 6m per dag, dus een totaal van

298 dagen (10 maanden). In totaal gaan er t.b.v. het maken van de CB-wanden 10172 transporten in 298 dagen, dit komt neer op een gemiddelde van 34 transporten per dag;

- verbreden U-bak. Er vindt voor de U-bak over een periode van 9 maanden gemiddeld 25 transporten plaats per dag. Daarnaast gedurende de betonstort 50x1 dag waarop 25 transporten extra plaatsvinden;
- dak Amelisweerd. Er vindt voor de het Dak van Amelisweerd over een periode van 12 maanden gemiddeld 5 transporten plaats per dag. Daarnaast gedurende de betonstort 6x2 dagen waarop 135 transporten extra plaatsvinden.

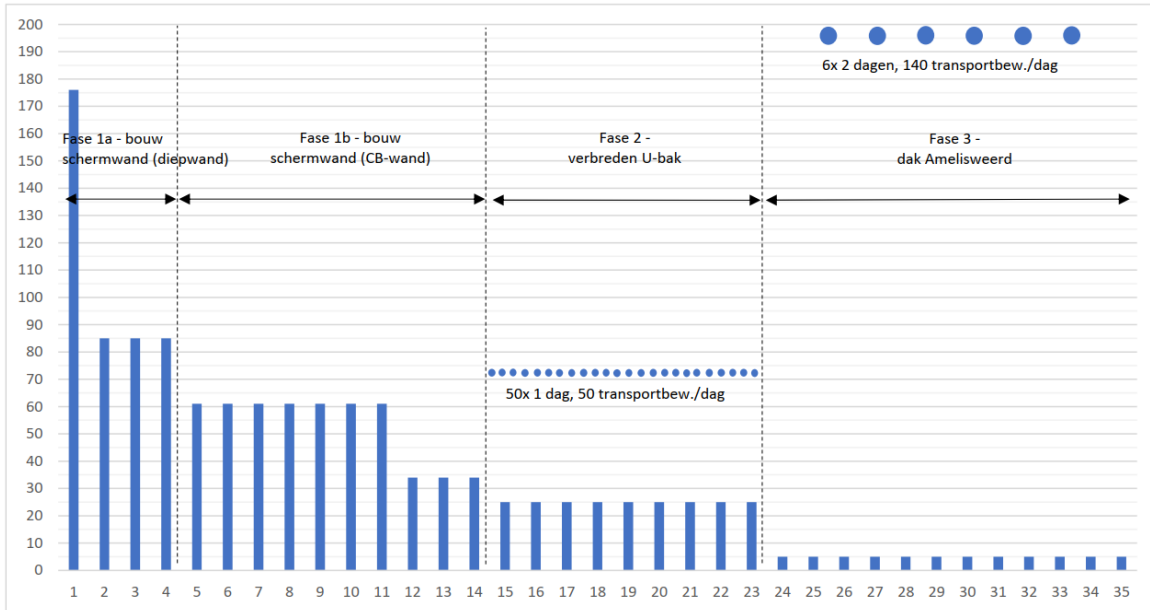
Afbeelding 8.4 toont het aantal transportbewegingen grafisch per werkterrein. Op de horizontale as is de bouwtijd in maanden weergegeven, op de verticale as de transportbewegingen per dag.

Afbeelding 8.4 Transportbewegingen per werkterrein per maand (oranje = Oude Kwekerij, blauw = Koningsweg)



Afbeelding 8.5 toont het totaal aantal transportbewegingen grafisch. Op de horizontale as is de bouwtijd in maanden weergegeven, op de verticale as de transportbewegingen per dag.

Afbeelding 8.5 Overzicht Totale transportbewegingen t.b.v. de verdiepte ligging per maand



8.2.4 Omgevingsproces

Voor het tot stand komen van de contracteisen ten aanzien van beschikbaarheid van de kruisende verbindingen is een intensief omgevingsproces met betrokken gemeenten (wegbeheerders) doorlopen. De afspraken in dit kader worden vastgelegd in de realisatieovereenkomsten.

Beoordeling verkeer

Voor de vertaling van het effect op verkeer naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 8.5

Tabel 8.5 Beoordeling verkeer

Criterium aspect Verkeer	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
Doorstroming HWN	nvt	nvt	0 dagen verkeershinder	0- 5 dagen	> 5 dagen
Doorstroming OWN	nvt	nvt	0 -7 dagen verkeershinder	1-20 weken, alternatieven beschikbaar	> 20 weken, alternatieven beschikbaar

De bouwmethode met schermwand heeft effecten op het verkeer. Het oordeel op het criterium verkeer scoort zowel voor het HWN als voor het OWN negatief.

8.3 Geluid (omwonenden)

8.3.1 Aanleg schermwand

De aanleg van de schermwand kan geluidseffecten hebben op de woningen in de (nabije) omgeving, bijvoorbeeld in de wijk Lunetten, langs de Koningsweg en langs de Mereveldseweg. Middels een akoestisch onderzoek van RHDHV (april 2019) en RHDHV (mei 2020) zijn de effecten van de aanleg van de schermwand beschreven op de geluidbelasting in de omgeving, zowel van de aanlegactiviteiten afzonderlijk als de cumulatieve geluidbelasting met het wegverkeer. De uitgangspunten en resultaten in deze paragraaf zijn overgenomen uit het geluidsonderzoek van RHDHV (2019), de woningen in Amelisweerd hebben geen geluidshinder.

Uitgangspunten

In deze paragraaf zijn de uitgangspunten voor de bronnen in de representatieve bedrijfssituatie beschreven:

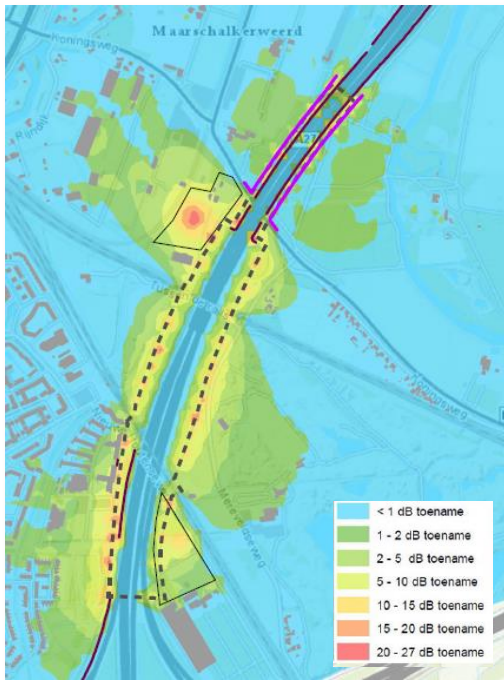
- freesmachines. Het frezen van de sleuven voor de diepwanden wordt uitgevoerd met freesmachines. Het geluidvermogen van de machines bedraagt 103 dB(A). Bij de aanleg van de diepwanden zijn gedurende langere tijd maximaal vier freesmachines in het gebied actief, die continue in bedrijf zijn (24 uur per dag, 7 dagen per week). Aan beide zijden van de A27 bevinden zich elk 2 freesmachines, die elke dag één sleuf van 3 meter breed maken en zich dan verplaatsen naar de volgende te maken sleuf;
- werkterreinen. Op de werkterreinen zijn scheidingsinstallaties geplaatst om het materiaal dat vrijkomt tijdens het frezen te scheiden van het gebruikte bentoniet. De installaties hebben een geluidvermogen van 95 dB(A) en zijn het gehele etmaal in bedrijf. Op de werkterreinen zijn waterzuiveringsinstallaties aanwezig om het grondwater dat tijdens het frezen vrijkomt te zuiveren. De waterzuiveringsinstallaties hebben een geluidvermogen van 76 dB(A) en zijn het gehele etmaal in bedrijf;
- buisleidingen. De grond die vrijkomt bij het frezen wordt afgevoerd naar de scheidingsinstallatie met buisleidingen. Het geluidvermogen van dit leidingtracé bedraagt 72 dB(A) per 10 meter en is het gehele etmaal werkzaam;
- bouwverkeer. Dagelijks wordt materiaal aan- en afgevoerd met vrachtwagens (zie ook paragraaf 8.2.3).

Resultaat

Op basis van de geformuleerde uitgangspunten zijn de berekeningen van de geluidsemisies t.g.v. de werkzaamheden voor de aanleg van een diepwand uitgevoerd (zie o.a. afbeelding 8.6):

- Resultaat toetsing aan richtwaarden Circulaire Bouwlawaai:
De geluidniveaus als gevolg van de bouwwerkzaamheden blijven op de meeste locaties beneden de richtwaarde van 60 dB(A) in de dagperiode uit de Circulaire Bouwlawaai, met uitzondering van het geluidniveau bij Koningsweg 141. Als de freesmachine zich dicht bij deze locatie bevindt, is het geluid van deze machine bepalend en vind er een overschrijding van 6 dB(A) plaats.
- Resultaat toetsing aan grenswaarden handhaafinstructie:
Op een drietal locaties worden de grenswaarden uit de Handhaafinstructie overschreden: in de omgeving van de Koningsweg, bij de Mereveldseweg en in de omgeving van het Nieuwe Houtensepad. De duur van de overschrijdingen is sterk afhankelijk van de fasering van de werkzaamheden. De maximale overschrijding bedraagt 16 dB(A) bij de Koningsweg 141, in de nachtperiode.
- Resultaat toetsing werkterreinen:
De grenswaarde worden, als gevolg van de geluidemissie van de werkterreinen, alleen bij de woningen rond het werkterrein aan de Koningsweg overschreden. Hier vindt een overschrijding van 8 en 5 dB(A) in respectievelijk de dag- en nachtperiode plaats. In de dagperiode draagt het inblazen van bentoniet in de silo's in hoge mate bij, in de nachtperiode is de scheidingsinstallatie bepalend.
- Invloed Amelisweerd:
In een groot deel van Amelisweerd is de toename minder dan 1 dB, in de direct nabijheid van de werkzaamheden is de toename meer dan 5 dB. Deze situatie treedt op in de eerste 35 weken van de werkzaamheden, als twee frezen actief zijn aan weerszijden van de bestaande open bak.

Afbeelding 8.6 Vergelijking cumulatieve geluidssituatie met bouwlawaai t.o.v. situatie zonder bouwlawaai (RHDHV, mei 2020)



Geluidsbeperkende mitigerende maatregelen woningen

Met het treffen van tijdelijke afscherpende voorzieningen worden alle overschrijdingen van de grenswaarden in alle periodes voorkomen. Een rij met gestapelde zeecontainers is, zowel voor de freesmachines als voor werkterrein, een goede mogelijkheid om een dergelijke afscherming vorm te geven. Als alternatief kan voor de freesmachines een mobiel scherm, met een breedte van 12 meter en een hoogte tot 9 meter, worden gebruikt dat met de machines mee wordt verplaatst.

8.3.2 Realisatie wegverbreding

Het grondwater in de polderconstructie wordt onttrokken uit grondwaterputten met elektrisch onderwaterpompen. Deze maken geen noemenswaardig geluid. Voor de stroomvoorziening wordt naar verwachting geluidsarme en milieuvriendelijke aggregaten ingezet. Derhalve worden geen negatieve geluidseffecten op de omgeving verwacht als gevolg van de retourbemaling met schermwand.

Beoordeling

Voor de vertaling van de effectanalyse naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 8.6.

Tabel 8.6 Beoordeling geluid

Criterium aspect Geluid	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
geluidbelasting	N.v.t.	N.v.t.	Voldoet aan regelgeving	Voldoet niet aan regelgeving - mitigerende maatregel nodig	Voldoet niet aan regelgeving - mitigerende maatregelen niet mogelijk

In de bouwphase zijn er geluidseffecten (overschrijding grenswaarden) op de woningen in de omgeving. Het oordeel op het criterium overschrijding grenswaarden is daarom negatief. Er is een mitigerende maatregel nodig om het negatieve effect van de bouwmethode op de woningen in de omgeving te mitigeren. De maatregel omvat een afschermdende voorziening.

De bouwmethode met schermwand heeft in de bouwphase met de mitigerende maatregel (mobiel geluidscherm met een hoogte van 9 meter en een breedte van 12 meter) geen geluidseffecten (overschrijding grenswaarden) op de woningen in de omgeving. Het oordeel op het criterium overschrijding grenswaarden is daarom neutraal.

8.4 Luchtkwaliteit

Het extra bouwverkeer als gevolg van de aanleg van de schermwand en de 4 freesmachines kunnen leiden tot extra emissies van NOx en fijnstof. Wanneer 4 freesmachines tegelijkertijd aan het werk zijn wordt indicatief ingeschat dat circa 180 transporten per dag kunnen plaatsvinden (onder één transportbeweging wordt een heen en terugreis van een voertuig verstaan). De A27 / A12 is een van de meest intensief bereden stukken snelweg van Nederland met circa 200.000 passerende auto's per dag. De toename van het aantal transporten bedraagt hiermee circa 0,1 %. Kwalitatief wordt ingeschat dat daarmee de emissies ook zijn (zeer) klein zijn t.o.v. dagelijks verkeer (en de daarbij horende emissies) op de A27/A12.

Beoordeling

In de bouwphase zijn voor dit milieuaspect luchtkwaliteit, specifiek in relatie tot de schermwand, de effecten (zeer) klein. Het oordeel op het criterium luchtkwaliteit is daarom neutraal.

8.5 Water

Onder het criterium grondwaterkwantiteit gaat het om:

- grondwatereffecten (a.g.v. retourbemaling), zie paragraaf 8.5.1;
- zettingen bij gebouwen, zie paragraaf 8.5.2;
- ontwatering bij gebouwen, paragraaf 8.5.3;
- effect op landbouw paragraaf 8.5.4.

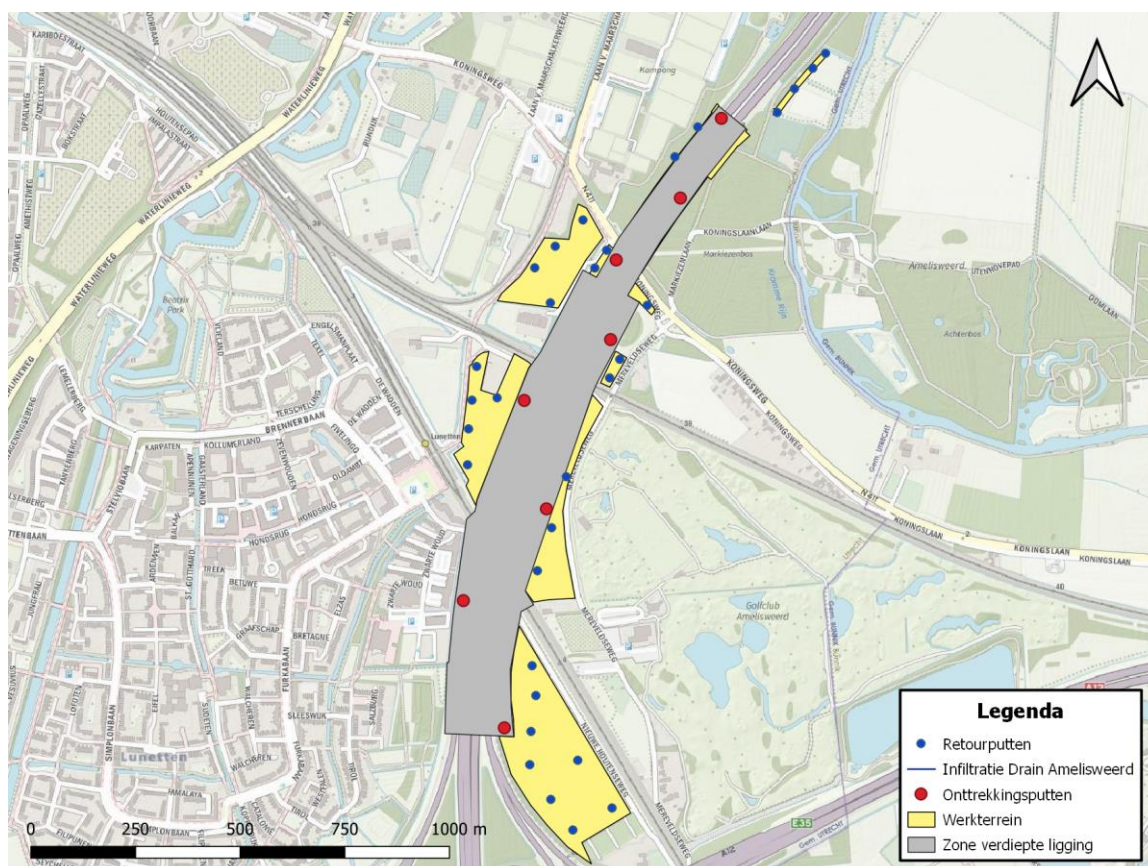
Het criterium grondwaterbeschermingsgebieden gaat over de beïnvloeding van de kwaliteit van het grondwater in het grondwaterbeschermingsgebied (paragraaf 8.5.5). Onder het criterium waterhuishouding gaat het om de doorsnijding het oppervlaktewater. Blijven de watergangen op een goede wijze met elkaar verbonden? Dat is opgenomen in paragraaf 8.5.6.

8.5.1 Grondwatereffect

Maatgevend voor de grondwatereffecten is de situatie tijdens de (retour)bemaling die benodigd is voor de realisatie van de wegverbreding. Voor de situatie dat de polder binnen de schermwand over de gehele lengte wordt bemalen tot het veilige niveau van NAP-6 m (verlaging van 6,5 meter) gedurende 18 maanden is een berekening met het grondwatermodel uitgevoerd. Hierbij is uitgegaan van een worst case situatie m.b.t. de debietberekening en voor berekening van het grondwatereffect op de omgeving.

Het onttrekkingsdebiet voor de benodigde bemaling is berekend met het grondwatermodel, waarbij rekening is gehouden met een 100 % retourbemaling. Voor de effectberekening is het retourdebiet gelijkmatig verdeeld over de retourbemalingsputten en een infiltratiedrain. De locaties van de putten en infiltratie-/onttrekkingsdrain in het grondwatermodel worden gegeven in afbeelding 8.7. Er wordt geretourneerd in het 1e watervoerend pakket, gelijkmatig over het dieptetraject tussen NAP-10 en -25 m.

Afbeelding 8.7 Locaties putten



Berekend bemalingsdebiet

In tabel 8.7 zijn de berekende bemalingsdebieten met retourbemaling weergegeven. In geval van de worst case situatie (m.b.t. weerstand van de geulen in de Waalrelei formatie (WAK1) en weerstand van de schermwand) bedraagt het bemalingsdebiet maximaal 680 m³/uur dat (rekenkundig) onttrokken wordt met 8 putten. Opgemerkt wordt dat hiervoor een vergunning bij HDSR moet worden aangevraagd.

Tabel 8.7 Berekend bemalingsdebiet (incl. 100 % retourbemaling) (weerstand geulen WAK1 Tabel 7.1, , weerstand schermwand overal 250 dagen)

Weerstand in de geulen	Totaal Debiet (m ³ /uur)	Lek door schermwand (m ³ /uur)	Kwel door Waalrelei formatie (WAK1) (m ³ /uur)
Verwacht	360	292	68
Mimaal (=worst-case)	680	258	422

Uit bovenstaande tabel volgt dat het lekdebiet via de schermwand (292 m³/uur) hoger is wanneer er minder water wordt aangevoerd vanuit het 2^e watervoerende pakket en lager is (258 m³/uur) dan wanneer de aanvoer vanuit het 2e watervoerende pakket hoger is. Dit verschil in de lek door de schermwand valt te verklaren vanuit een modelleer technisch oogpunt. Door middel van het toepassen van onttrekkingsputten binnen de schermwandwandbak ontstaat geen perfect 'horizontaal verlagingsvlak', maar diverse verlagingskegels. Met 8 onttrekkingsputten moet een minimaal verlagingsniveau in de gehele schermwandbak worden gehaald. Het verschil tussen de worstcase situatie en verwachte situatie is dat er bij de verwachte situatie het verlagingsniveau gemiddeld net iets lager ligt dan de minimaal vereist, waardoor er een iets groter lekdebiet wordt berekend.

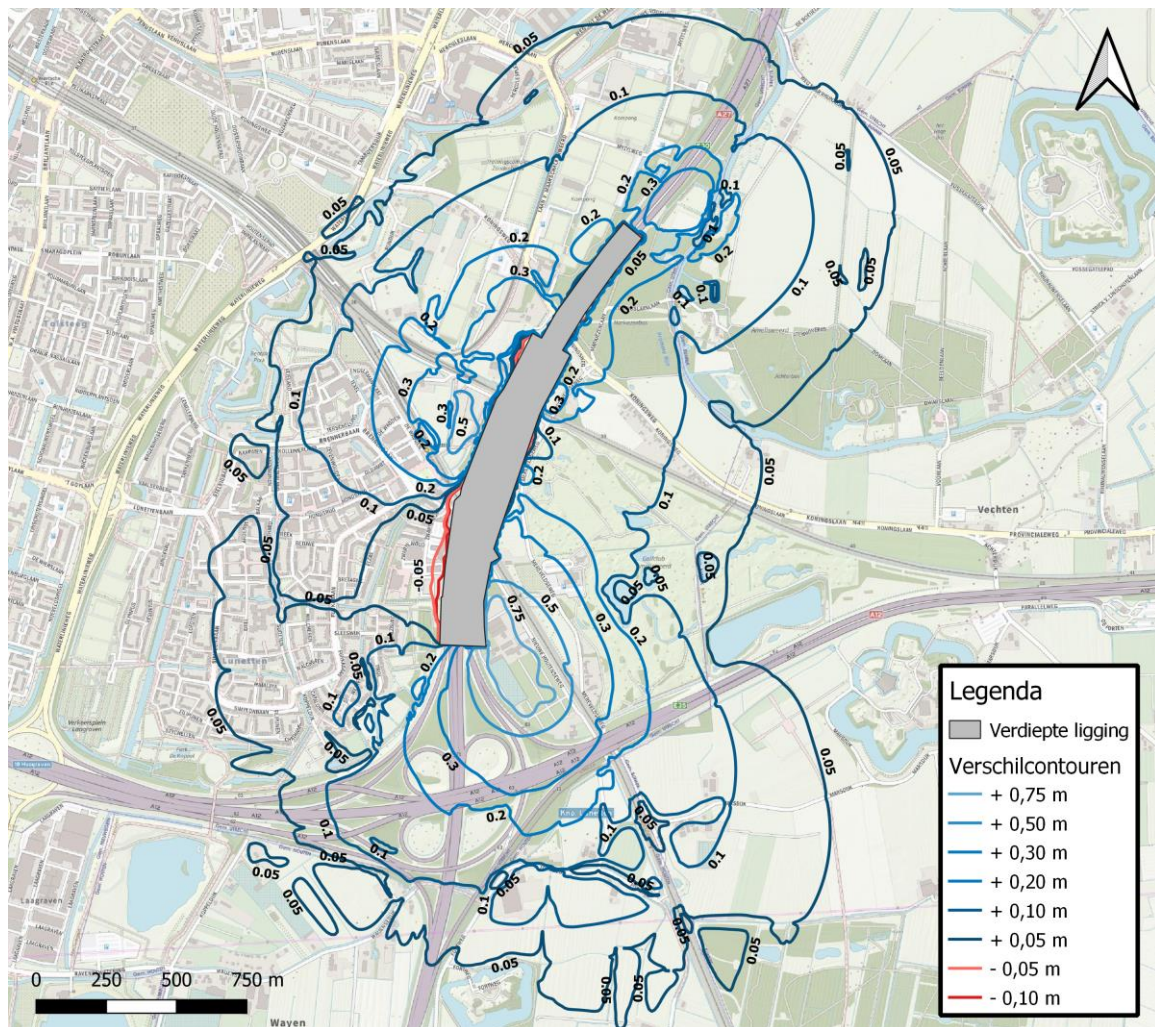
Berekend verandering grondwaterstand en stijghoogte

De door het grondwatermodel berekende veranderingen van de freatische grondwaterstand en de stijghoogten (buiten de schermwandbak) als gevolg van de retourbemaling zijn weergegeven in afbeelding 8.8, afbeelding 8.9 en afbeelding 8.10.

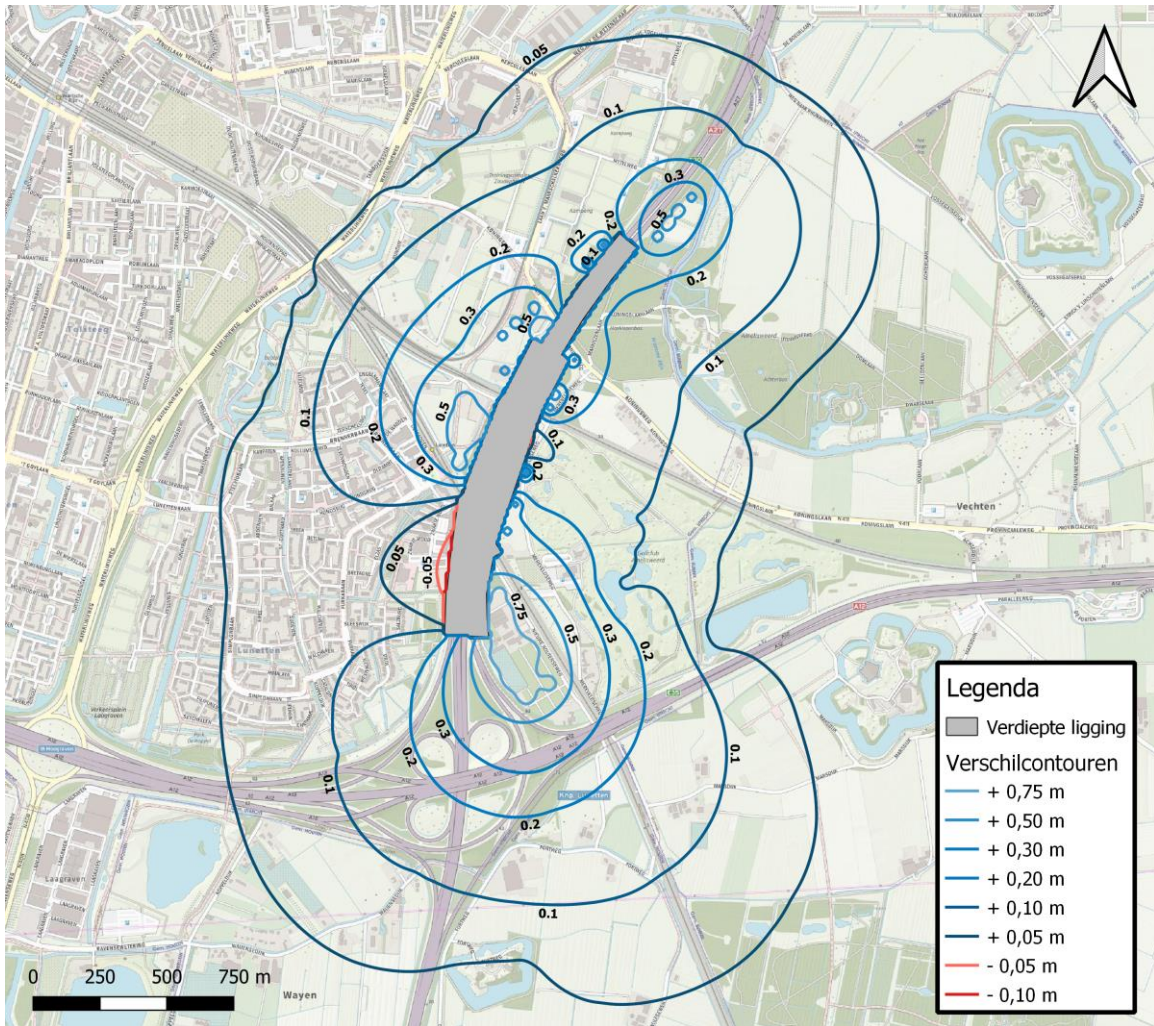
Uit de verandering van de stijghoogte volgt dat er voornamelijk sprake is van een stijging in het eerste watervoerend pakket. Er is sprake van een verhoging, omdat het onttrokken grondwater uit zowel het eerste (lek door schermwand) als tweede watervoerend pakket (kwel door de Waalrelei formatie (WAK1) afkomstig is, terwijl al het grondwater in het eerste watervoerend pakket wordt geretourneerd. Het invloedsgebied (5 cm veranderingscontour) varieert van 750 meter tot ruim circa 1 km.

In het tweede watervoerend pakket is sprake van een daling van de grondwaterstand. Deze wordt verklaard door het water wat ten gevolge van de onttrekking in de verdiepte ligging door de Waalrelei formatie (WAK1) opwaarts stroomt. Het invloedsgebied in het tweede watervoerend pakket (5 cm veranderingscontour) varieert van circa 2,5 meter tot circa 4,5 km.

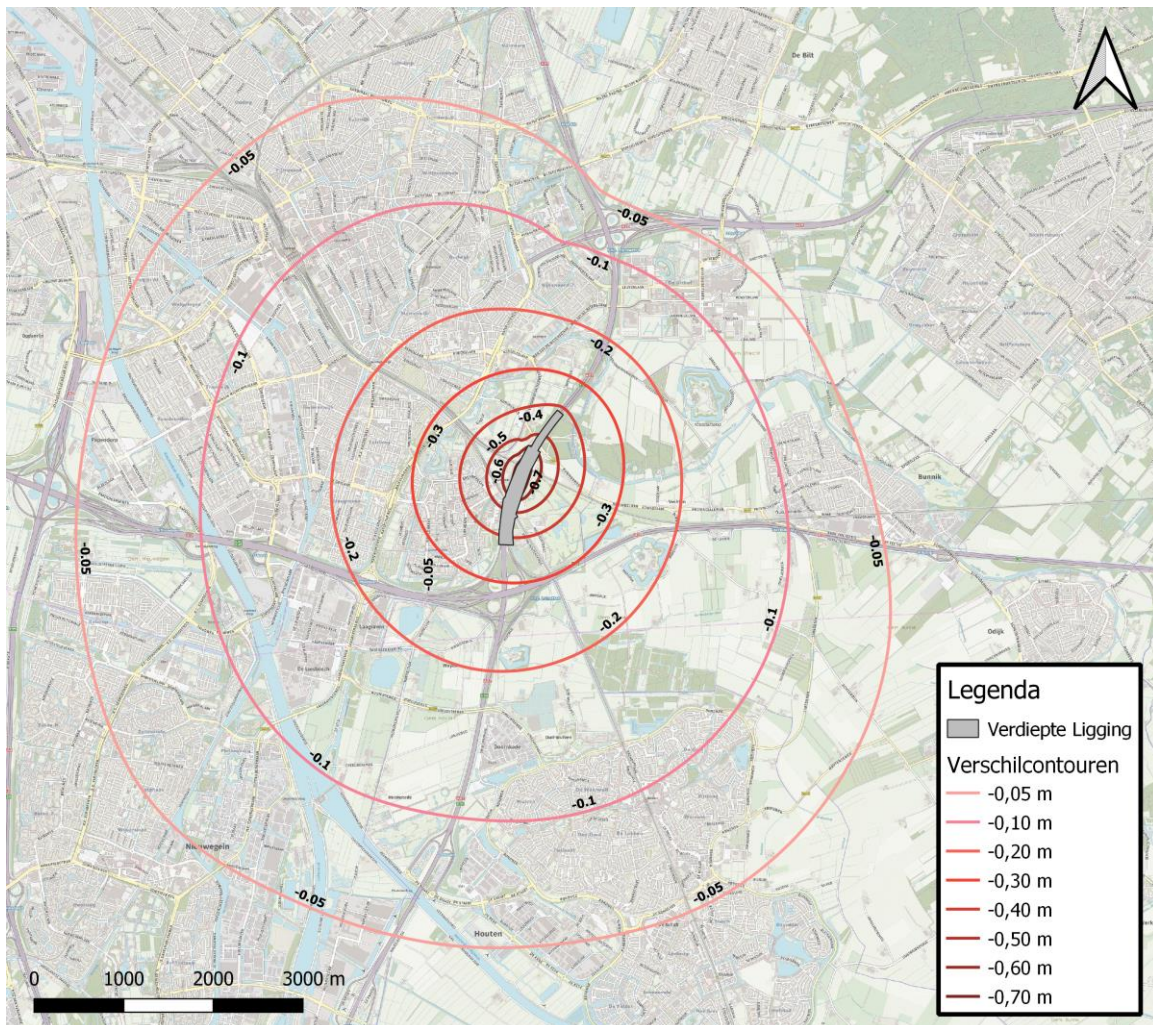
Afbeelding 8.8 Verandering freatische grondwaterstand (worst case weerstand geulen in Waalrelei formatie (WAK1) tabel 7.1)
(schermwand 250 dagen weerstand)



Afbeelding 8.9 Verandering stijghoogte eerste watervoerend pakket (worst case weerstand geulen in Waalreklei formatie (WAK1) tabel 7.1) (schermwand 250 dagen weerstand), blauw = stijging, rood = daling



Afbeelding 8.10 Verandering stijghoogte tweede watervoerend pakket (worst case weerstand geulen in Waalreklei formatie (WAK1) tabel 7.1) (schermwand 250 dagen weerstand)



De tijdelijke grondwatereffecten in de bouwfase als gevolg van de retourbemaling met schermwand zijn op zicht niet afzonderlijk beoordeeld. Wel zijn (afgeleide) effecten van de grondwatereffecten beoordeeld op risico op zettingen bij gebouwen, afname van ontwatering bij gebouwen, en afname van de landbouwkundige opbrengst van agrarische percelen. Deze beoordelingen zijn in de volgende paragrafen uitgevoerd.

8.5.2 Risico op zettingen bij gebouwen

Voor gebouwen zijn een aantal risico's die kunnen optreden:

- 1 er kan een risico zijn op verzakkingen ondergrond door de aanleg van de schermwand;
- 2 er kan een risico zijn op schade aan het gebouw door ontgraving en bemaling in de polder;
- 3 er kan een risico zijn op zettingsschade door verlaging van de grondwaterstand en aanwezigheid van zettingsgevoelige bodemlagen zoals klei of veen.

Deze risico's op effecten zijn beschreven in onderstaande.

Ad. 1. Risico op schade aan gebouwen door aanleg schermwand

Mogelijk effect

De schermwand bestaat uit verticaal gegraven panelen die onderling op elkaar aansluiten. Deze panelen worden gegraven met een freesmachine die de grond afvoert onder gelijktijdige toevoer van een steunvloeistof (een suspensie van bentoniet en water). Nadat het paneel de einddiepte heeft bereikt, wordt het opgevuld met een cementbentoniet mengsel of beton onder gelijktijdige verdringing van de steunvloeistof, welke weer wordt afgevoerd. Als gevolg van deze installatie methode kunnen zettingen van de ondergrond ontstaan. Naarmate deze zetting groter en de zettingshelling steiler wordt neemt de kans op schade aan gebouwen, infrastructuur en/of kabels en leidingen toe. Als uitgangspunt wordt gehanteerd dat er geen schade aan gebouwen en (overige) objecten zoals wegen mag optreden als gevolg van de realisatie van het project.

Het mogelijke effect zettingen in de ondergrond (bv door ontgravingen) is het optreden van scheefstand, trekspanningen of het horizontaal of verticaal verplaatsen van een object. Om dit effect te beheersen worden door Rijkswaterstaat strenge eisen gesteld. Deze eisen worden gesteld om effecten die tot schade kunnen leiden uit te sluiten. Deze eisen worden gesteld aan de gecombineerde scheefstand en buiging van een pand.

Effect op gebouwen in de straat Zwarte Woud

Rond het Zwarte Woud staan enkele panden dicht op de te realiseren schermwand. De panden zijn maatgevend voor alle panden in het gebied rond de schermwand. Daarom zijn ter plaatse analyses uitgevoerd naar de impact van de realisatie van de schermwand.

Uit zettingsberekeningen volgt dat de omgeving rond de schermwand kleine zetting ondergaat. Doordat de zettingen op grote diepte ontstaan is de uiteindelijke invloed op de panden (gefundeerd op staal; afbeelding 8.11) gering. Uit oogpunt van scheefstand en trekspanningen zullen de panden 'verwaarloosbare' schade oplopen als gevolg van de werkzaamheden, conform de internationaal erkende en gebruikte criteria van 'Burland' (schade categorie 0). Grenswaarden voor de horizontale verplaatsing in de ondergrond ter plaatse van paalfunderingen zijn in de literatuur niet voorhanden. Wel is in de NEN-EN 1997-1 aangegeven dat voor afzonderlijke funderingen in normale gevallen een totale zakking van maximaal 50 mm acceptabel is. Een grotere zakking kan evenwel acceptabel zijn mits de relatieve rotatie beperkt blijft en geen problemen met huisaansluitingen van nutsleidingen ontstaan. Ook hieraan wordt voldaan.

Voor de (nadere) uitwerking zetting als gevolg van de ontgraving van de schermwand naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 8.8.

Tabel 8.8 Beoordeling zettingen bij gebouwen in Zwarte Woud als gevolg ontgraving schermwand

Criterium grondwater- kwantiteit	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
Zettingen bij gebouwen d.m.v. ontgraving schermwand	N.v.t	N.v.t.	Zettingklasse 0 cf burland	Zettingklasse 1 cf burland	Zettingklasse > 1 cf burland

De bouwfase heeft geen effecten op zettingen bij gebouwen in het Zwarte Woud als gevolg van de ontgraving van de schermwand. Het oordeel op het criterium grondwaterkwantiteit (zettingen) is daarom neutraal.

Ad. 2. Risico op schade aan gebouwen door ontgraving en bemaling in de tijdelijke polder

Mogelijk effect

Als gevolg van de tijdelijke grondwaterstandsverlagingen door de bemaling of door ontgravingen kunnen zettingen van de ondergrond ontstaan. Naarmate deze zetting groter en de zettingshelling steiler wordt neemt de kans op schade aan gebouwen, infrastructuur en/of kabels en leidingen toe. Als uitgangspunt wordt gehanteerd dat er geen schade aan gebouwen en (overige) objecten mag optreden als gevolg van de realisatie van het project. Dit houdt in dat er geen ontoelaatbare effecten bij gebouwen, woningen en infrastructuur (wegen, riolering) mogen optreden, bijvoorbeeld a.g.v. grondwaterstands-verandering (inklinking) of ontgravingen (zettingen, scheefstand).

Mogelijke effecten zijn:

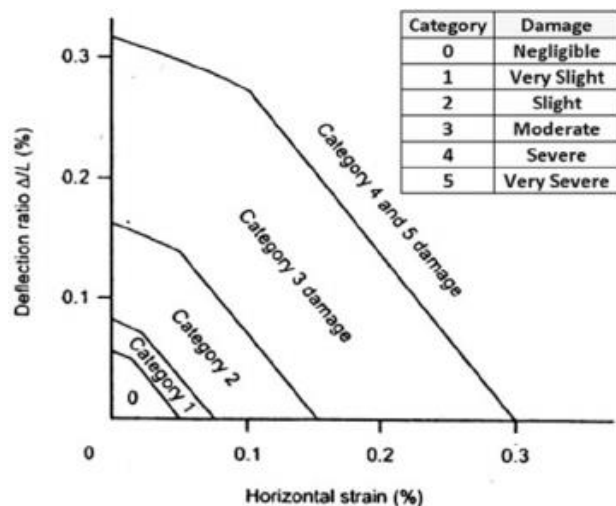
- zettingen in de ondergrond (bv door ontgravingen) met als gevolg scheefstand, trekspanningen of het horizontaal of verticaal verplaatsen van een object;
- zettingen door consolidatie (door grondwaterstandverlaging) met als gevolg scheefstand, buiging of het horizontaal of verticaal verplaatsen van een object;
- constructieve aantasting van panden door droogvallen van houten palen (door grondwaterstandverlaging).

Om dergelijke effecten te beheersen worden door Rijkswaterstaat strenge eisen gesteld (contractuele eisen aan de aannemer). Deze eisen worden gesteld om effecten die tot schade kunnen leiden uit te sluiten. Deze eisen worden gesteld aan de gecombineerde scheefstand en buiging van een pand, de grondwaterstanden en het droogvallen van houten paalfundaties.

Effecten op zettingen Zwarte Woud

Rond het Zwarte Woud staan enkele panden dicht op de te realiseren schermwand. De panden zijn maatgevend voor alle panden in het gebied rond de schermwand. Daarom zijn hier analyses uitgevoerd naar de impact van de grondwaterstandverlaging binnen de schermwanden en de ontgraving binnen de foliepolder.

Uit de analyse volgt dat de omgeving rond de schermwand zetting ondergaat. Doordat de zettingen op grote diepte ontstaan is de uiteindelijke invloed op de panden gering. Uit oogpunt van scheefstand en trekspanningen zullen de panden 'verwaarloosbare' schade op lopen als gevolg van de werkzaamheden, conform de internationaal erkende en gebruikte criteria van 'Burland' (schade categorie 0). Grenswaarden voor de horizontale verplaatsing in de ondergrond ter plaatse van paalfunderingen zijn in de literatuur niet voorhanden. Wel is in de NEN-EN 1997-1 aangegeven dat voor afzonderlijke funderingen in normale gevallen een totale zakking van maximaal 50 mm acceptabel is. Een grotere zakking kan evenwel acceptabel zijn mits de relatieve rotatie beperkt blijft en geen problemen met huisaansluitingen van nutsleidingen ontstaan. Ook hieraan wordt voldaan.



Voor de (nadere) uitwerking zetting als gevolg van de ontgraving een bemaling naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 8.9.

Tabel 8.9 Beoordeling zettingen bij gebouwen Zwarte Woud als gevolg ontgraving en bemaling

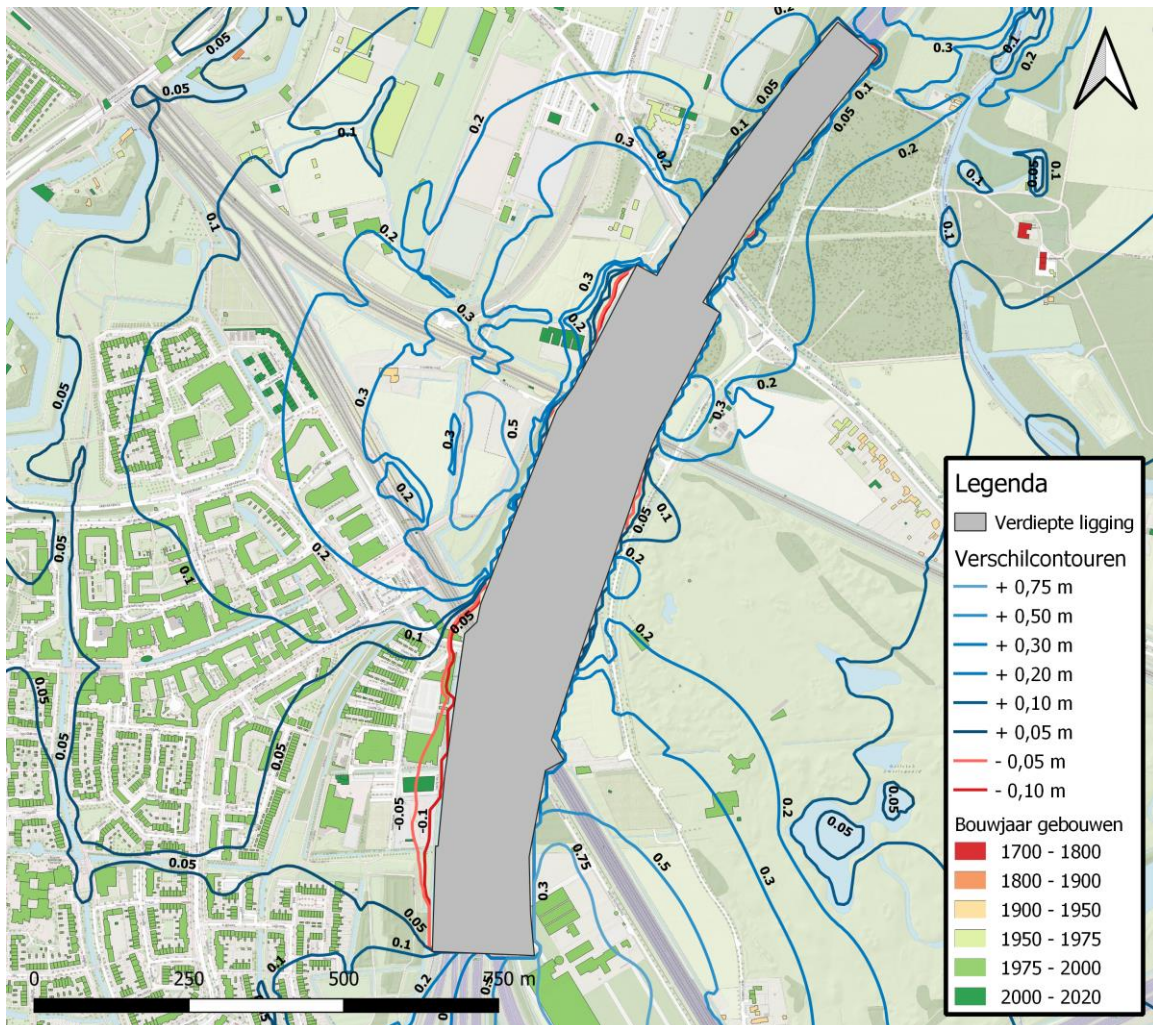
Criterium grondwater- kwantiteit	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeet negatief
Zettingen bij gebouwen d.m.v. ontgraving en bemaling	N.v.t	N.v.t.	Zettingklasse 0 cf burland	Zettingklasse 1 cf burland	Zettingklasse >1 cf burland

De bouwfase met schermwand (ontgravingen achter de wand en bemaling) heeft geen zettingen bij panden in het Zwarte Woud. Het oordeel op het criterium grondwaterkwantiteit (zettingen) is daarom neutraal.

Ad. 3. Risico op zettingen

Zettingen aan slappe lagen in de bodem (klei en veen) kunnen optreden bij grondwaterstandsverlagingen (en niet bij grondwaterstandsverhogingen). De grondwaterstandsverlaging bij bebouwing en infrastructuur is kleiner dan 5 cm (alleen dicht langs de schermwand), derhalve er is geen risico op (ongelijkmatige) zettingen en dus schade aan gebouwen en infrastructuur.

Afbeelding 8.11 Verandering freatische grondwaterstand met de gebouwen uit de BAG (worst case weerstand en Waalreklei formatie (WAK1))



Voor de (nadere) uitwerking van het grondwatereffect op zettingen naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 8.10

Tabel 8.10 Beoordeling zettingen bij gebouwen als gevolg grondwaterstandsverlaging

Criterium grondwater- kwantiteit	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
Zettingen bij gebouwen als gevolg van grondwaterstands verlaging	N.v.t.	N.v.t.	aantal zettingsgevoelige panden en gebouwen binnen gebied waar sprake is van verandering grondwaterstand > 0,5 m = 0	aantal zettingsgevoelige panden en gebouwen binnen gebied waar sprake is van verandering grondwaterstand > 0,5 m = 1 - 20	aantal zettingsgevoelige panden en gebouwen binnen gebied waar sprake is van verandering grondwaterstand > 0,5 m = >20

De bouwfase met schermwand heeft als gevolg van de retourbemaling geen significante effecten op zettingen bij bebouwing in de omgeving. Het oordeel op het criterium grondwaterkwantiteit (zettingen) is daarom neutraal.

8.5.3 Ontwateringsdiepte

Door stijging van de grondwaterstand neemt de ontwateringsdiepte bij gebouwen en infrastructuur af. De ontwateringsdiepte wordt bepaald met behulp van de GHG, de gemiddeld hoogste grondwaterstand. Hierbij is de volgende classificatie voor de verandering in categorie van ontwateringsdiepte gehanteerd:

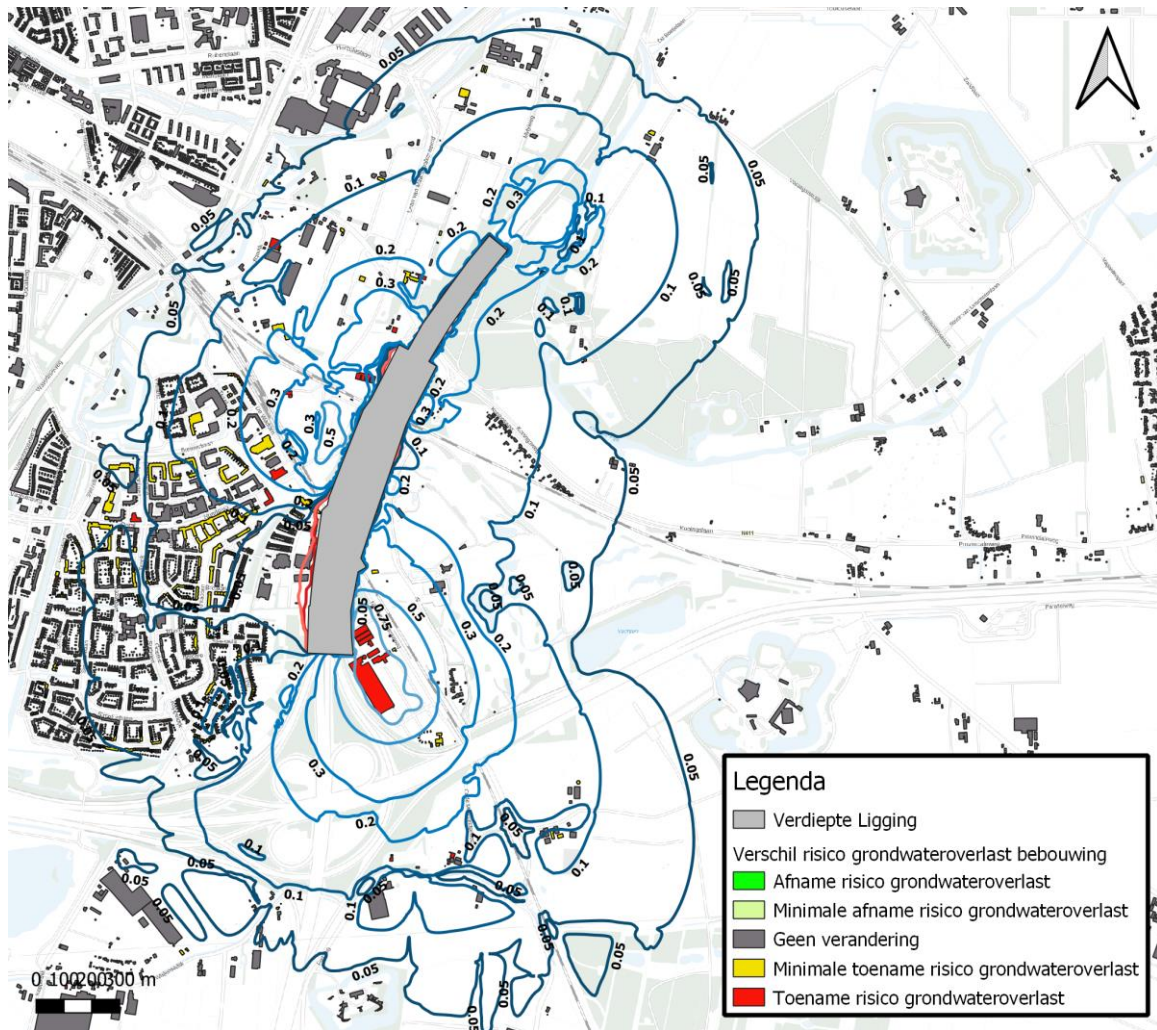
- er is geen wijziging van het risico op grondwateroverlast ten opzichte van de referentiesituatie (grijze kleur);
- er is een afname van het risico op grondwateroverlast, waarbij initieel een ontwateringsdiepte kleiner als 70 centimeter aanwezig was (licht groen of groen);
- er is een toename van het risico op grondwateroverlast, waarbij initieel een ontwateringsdiepte groter als 70 centimeter aanwezig was (oranje);
- in het geval van een rode kleur is de grondwaterstand in het scenario verplaatst naar een GHG ondieper dan 50 cm-mv : onvoldoende (rood).

Opgemerkt wordt dat deze methode en classificatie een indicatieve benadering is gebaseerd op een modelmatig berekende GHG en de AHN. De daadwerkelijke ontwateringsdiepte en eventueel risico op (toename van grondwateroverlast kan alleen worden vastgesteld met meting van de grondwaterstand (peilbuiswaarnemingen), meting diepte van de kruipruimte/kelder en inmeting van het maaiveld (beide door waterpassing t.o.v. in m NAP) ter plaatse.

In afbeelding 8.12 is een overzicht gegeven van het effect van de freatische grondwaterstandsveranderingen op het risico van grondwateroverlast bij bebouwing. Deze kaart is gebaseerd op een vergelijking tussen de referentiesituatie en de situatie gedurende de bouwphase. De grondwaterstandsverhogingen hebben een effect op de afname van de ontwateringsdiepte en daarmee op het risico op grondwateroverlast. Voornamelijk aan de westzijde van de verdiepte ligging in Lunetten zijn een aantal gebouwen aanwezig met een minimale toename op het risico van grondwateroverlast. Een aantal van circa 5 gebouwen ondervindt een berekende toename van het risico op grondwateroverlast en hebben een rode kleur. De ontwateringsdiepte onder deze gebouwen is berekend op een niveau kleiner als 0,5 meter minus maaiveld.

De bebouwing met het risico op een berekend niveau kleiner als 0,5 meter minus maaiveld zijn met een mitigerende maatregel binnen een veilige marge te krijgen. Met behulp van een optimalisatieslag van de retourbemaling (Hand aan de kraan-principe) kan een risico op grondwateroverlast worden uitgesloten. Zie hoofdstuk 9.

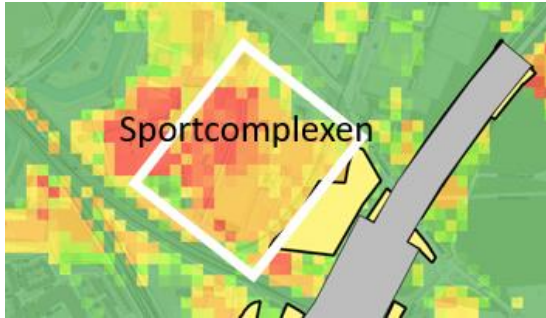
Afbeelding 8.12 Verandering freatische grondwaterstand in aanlegfase wegverbreding incl. effect grondwateroverlast bij bebouwing



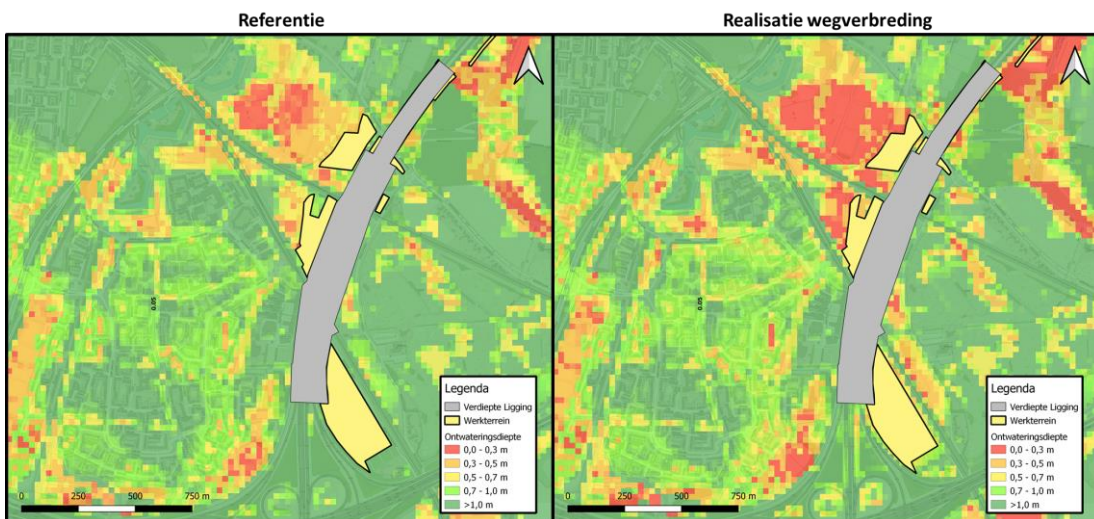
Naast grondwateroverlast op het gebied van bebouwing is grondwateroverlast op het gebied van infrastructuur en de sportcomplexen aan de noordwestzijde beschouwd (afbeelding 8.13). De berekende ontwateringsdieptes zijn gegeven in afbeelding 8.14. Uit de berekende minimale ontwateringsdieptes volgt, dat geen risico voor grondwateroverlast optreedt rondom infrastructuur van zowel de spoor- als andere wegen. De sportcomplexen ondervinden een effect van grondwaterstandsverhoging. Deze grondwaterstandsverhoging resulteert in een minimale ontwateringsdiepte van 0,0 tot en met 0,3 meter, indien het sportcomplex geen drainagesysteem bevat. Dit is wel een gebruikelijke toepassing bij dergelijke sportvoorzieningen. Met een drainagesysteem is er geen risico tot grondwateroverlast bij deze sportvelden

De afname van de ontwateringsdiepte kan worden gemitigeerd met behulp van de maatregel 'Hand aan de kraan' (zie hoofdstuk 4 en ook hoofdstuk 9).

Afbeelding 8.13 Locatie sportcomplexen nabij verdiepte ligging



Afbeelding 8.14 overzicht minimale ontwateringsdieptes referentiesituatie versus bouwfase



Beoordeling

Voor de (nadere) uitwerking van het grondwatereffect op de ontwateringsdiepte bij gebouwen naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 8.11. Hierbij wordt opgemerkt dat de categorisering is gebaseerd op het aantal woningen in de wijk Lunetten. Een aantal van 5 woningen is in verhouding een zeer beperkt aantal (ten opzichte van totaal aantal gebouwen van circa 3.000 stuks).

Tabel 8.11 Beoordeling ontwatering gebouwen

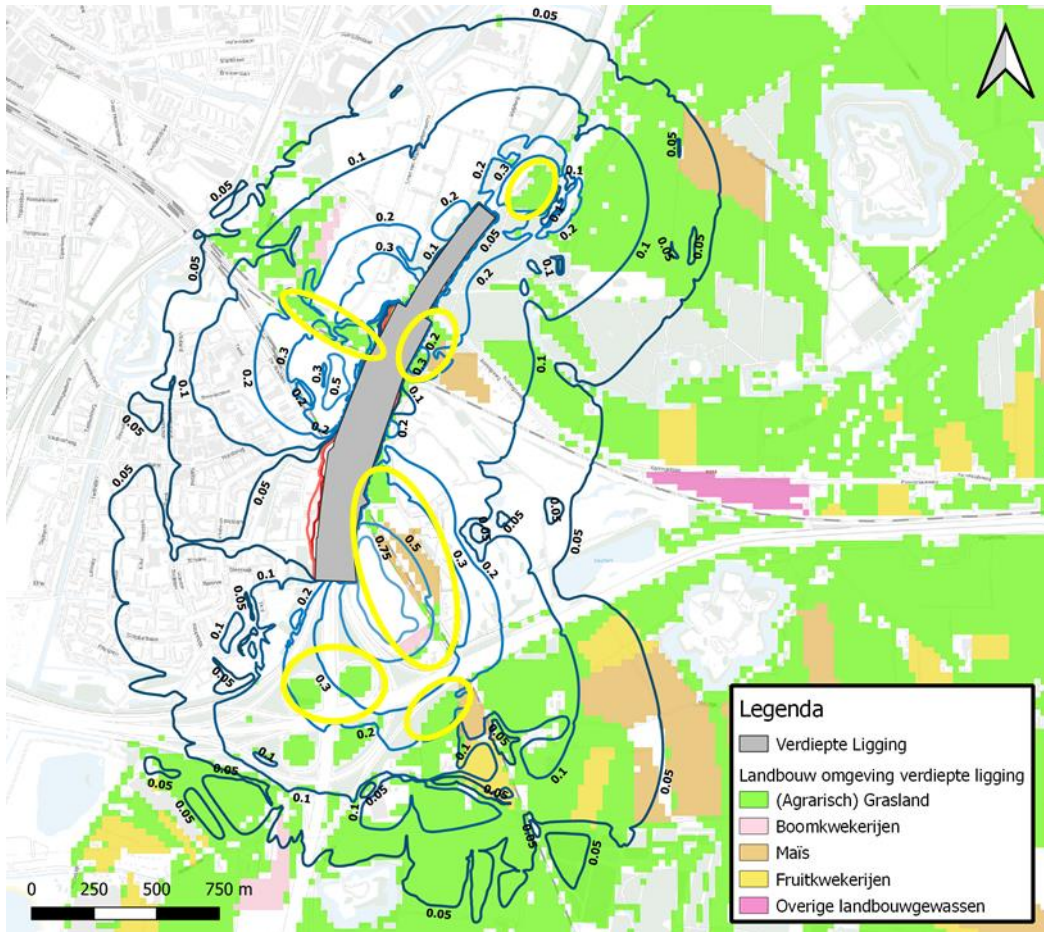
Criterium grondwater- kwantiteit	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
Ontwatering bij gebouwen	N.v.t	N.v.t	< 5 panden en gebouwen binnen gebied waar sprake is van toename grondwaterstand > 0,3 m	6-10 panden en gebouwen binnen gebied waar sprake is van toename grondwaterstand > 0,3 m	> 10 panden en gebouwen binnen gebied waar sprake is van toename grondwaterstand > 0,3 m

De bouwfase met schermwand heeft effecten op de ontwatering bij 5 panden. Het oordeel op het criterium grondwaterkwantiteit (ontwatering) is daarom neutraal.

8.5.4 Landbouw

Afbeelding 8.15 geeft de verlagings- en verhogingscontouren ten opzichte van de landsgebruikskaart weer. Ten opzichte van de landbouwgebieden wordt bij circa 8 ha een verhogingen groter als 20 centimeter berekend (deze gebieden zijn geel omcirdeld). De landbouw ondervindt slechts een minimale invloed van de verlagings- en verhogingscontouren.

Afbeelding 8.15 Verlagings- en verhogingscontouren ten opzichte van de aanwezig landbouw in de bouwfase



Beoordeling

Voor de (nadere) uitwerking van het grondwatereffect op de landbouwkundige opbrengst naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 8.12. Opgemerkt wordt dat bij het beoordelingscriterium neutraal (10 ha < 20cm grondwaterstand beïnvloeding) het uitgangspunt is dat de (eventuele) opbrengstderving gering is en eenvoudig te mitigeren

Tabel 8.12 Beoordeling landbouw

Criterium grondwater- kwantiteit	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeet negatief
landbouw	N.v.t	N.v.t	< 10 ha beïnvloed gebied & verandering grondwater-	10 - 50 ha beïnvloed gebied & verandering grondwater-	> 50 ha beïnvloed gebied & verandering grondwater-

Criterium grondwater- kwantiteit	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
			stand >20 centimeter	stand >20 centimeter	stand >20 centimeter

De bouwfase met schermwand wordt minder dan 10 ha van agrarische percelen beïnvloedt. Het oordeel op het criterium grondwaterkwantiteit (landbouw) is daarom neutraal.

8.5.5 Grondwaterbeschermingsgebieden

De onttrekkingen in de waterwingebieden hebben betrekking op het tweede watervoerende pakket. Een effect vanuit het eerste watervoerend pakket is uitgesloten. Afbeelding 8.16 geeft een overzicht voor het tweede watervoerende pakket. Ten oosten van de verdiepte ligging ondervindt het waterwingebied een tijdelijke verlaging van circa 10 centimeter. Het grondwaterbeschermingsgebied ligt maximaal tussen de 10 en 15 centimeter contour. Ten zuiden van de verdiepte ligging ligt het waterwingebied maximaal tussen de 5 en 10 centimeter contour. Deze contouren betreffen een tijdelijk effect. De betreffende verlagingen leiden niet tot het droogvallen van de onttrekkingsfilters. De stromingsrichting ter plaatse van het waterwingebied met zijn grondwaterbeschermingsgebied wordt minimaal beïnvloed.

De verlagingen hebben een tijdelijke invloed op de stromingsrichting van het grondwater in het tweede watervoerende pakket. In de maximale verlagingssituatie blijft de stromingsrichting net richting het zuidwesten stromen. De stromingsrichting wijzigt niet, waardoor een effect op grondwaterkwaliteit met betrekking tot de wingebieden niet wordt verwacht.

Beoordeling

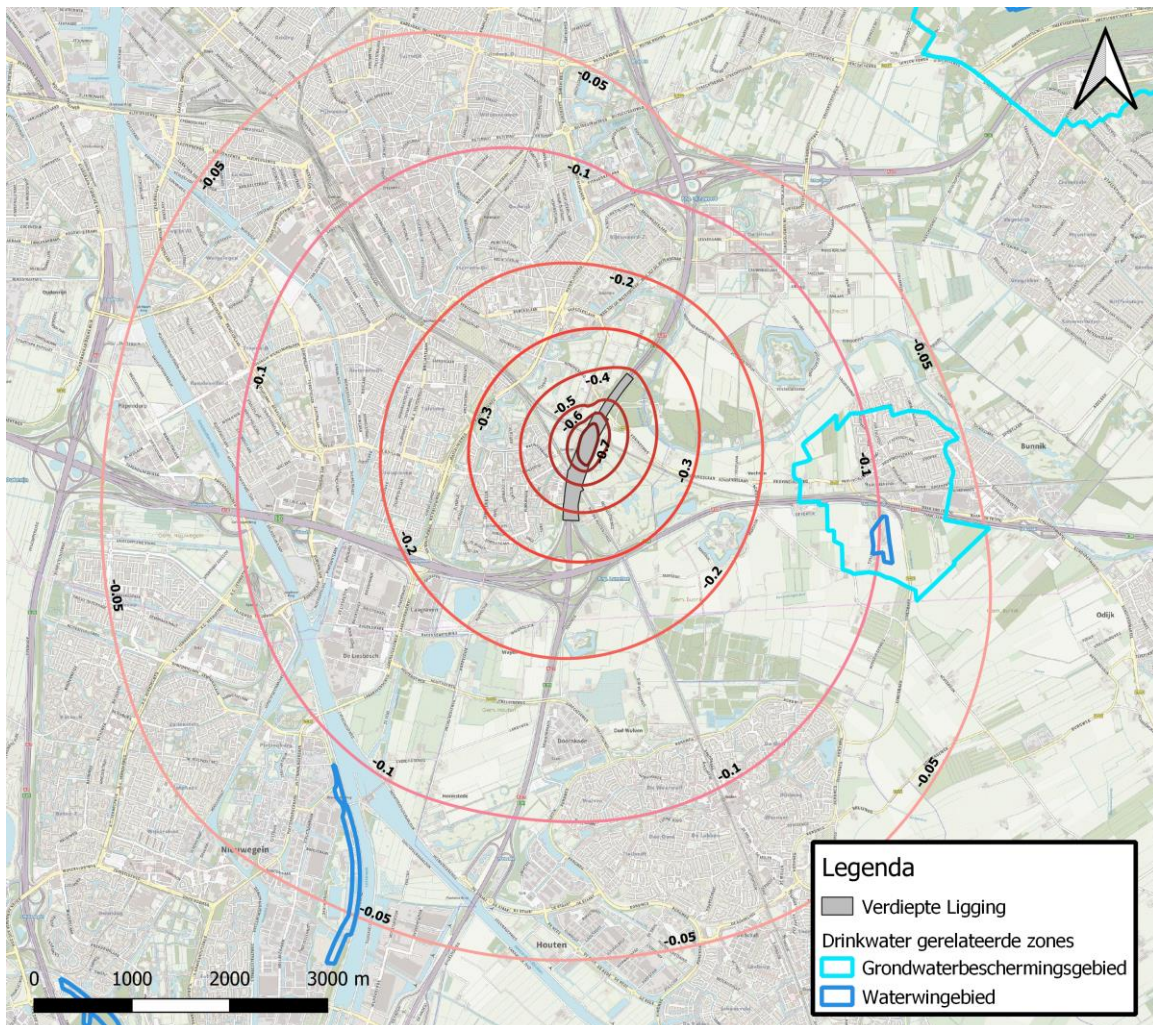
Voor de (nadere) uitwerking van het effect op de grondwaterbeschermingsgebieden naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 8.13.

Tabel 8.13 Beoordeling grondwaterbeschermingsgebieden

Criterium water	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
grondwaterbesche rmingsgebieden	Invloedsgebied blijft ruim buiten beschermde gebieden	Invloedsgebied blijft buiten beschermde gebieden	Invloedsgebied reikt tot in grondwaterbesc hermingsgebied , activiteit boven de dieptegrens (40 m -mv)	Invloedsgebied reikt tot in grondwaterbesc hermingsgebied en activiteit tot onder de dieptegrens (40 m -mv)	Invloedsgebied reikt tot in waterwingebied

De bouwmethode bemaling met schermwand heeft geen significante effecten op deze grondwaterbeschermingsgebieden. Het oordeel op het criterium grondwaterbescherming is daarom neutraal (0).

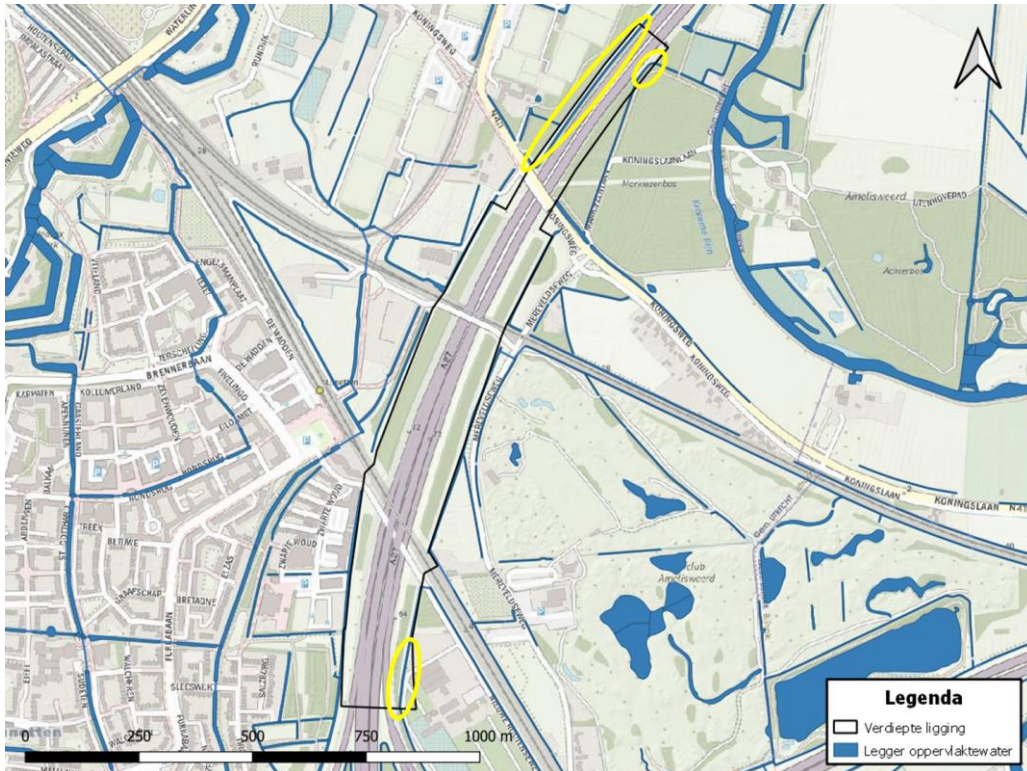
Afbeelding 8.16 Locaties grondwaterbeschermingsgebieden en drinkwaterwingebieden ten opzichte van stijghoogteveranderingen tweede watervoerend pakket in aanlegfase wegverbreding



8.5.6 Waterhuishouding

In afbeelding 8.17 is een overzicht gegeven van de legger van HDSR ten opzichte van de beoogde locatie van de schermwand. Drie locaties zijn omcirkeld waar het oppervlaktewatersysteem snijdt met de schermwand. Deze waterlopen dienen opgeschoven te worden om een doorlopend oppervlaktewatersysteem te behouden. Er zijn geen onoverzienbare doorsnijdingen van het oppervlaktewatersysteem aanwezig. Naast kleine aanpassingen aan de drie weergegeven locaties en aandacht voor het oppervlaktewater op korte afstand van de schermwand is geen verder effect op het oppervlaktewatersysteem aanwezig.

Afbeelding 8.17 Oppervlaktesysteem inclusief locaties met overlap locatie schermwand (geel gearceerd)



Voor de bouwfase wordt het oppervlaktewatersysteem aangepast, zodat deze ook naar behoren functioneert. Geen aanvullende effecten op het oppervlaktewatersysteem vinden plaats gedurende de bouwfase.

Beoordeling

Voor de vertaling van het effect op de waterhuishouding naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 8.14.

Tabel 8.14 Beoordeling waterhuishouding

Criterium water	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
waterhuishouding (doorsnijding)	Grote verbetering	Matige verbetering	Vrijwel geen verandering	Matige verslechtering	Grote verslechtering

De bouwfase met schermwand heeft geen effecten op doorsnijding van de waterhuishouding. Het oordeel op het criterium waterhuishouding is daarom neutraal.

8.6 Natuur

Mogelijke effecten van verstoring van fauna tijdens de bouwactiviteiten zijn beschreven en getoetst aan de beschermingskaders van de Wet natuurbescherming en het NNN (Sweco, september 2019) (Sweco, november 2020).

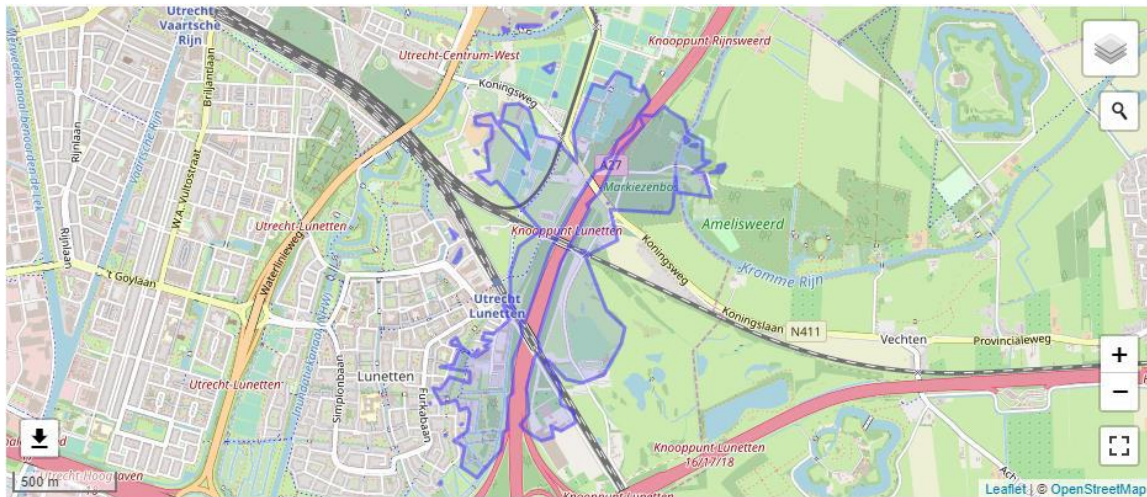
Door middel van vlakdekkend veldonderzoek (uitgevoerd in de periode 16-25 mei 2019 en 10-20 april 2020 met een extra (avond)bezoek op 7 mei 2020), bestudering van eerder in het gebied uitgevoerde

onderzoeken in de periode 2009-2019 en door raadpleging van data uit de Nationale Databank Flora en Fauna (NDF) is vastgesteld welke beschermde soorten in de omgeving van de bouwwerkzaamheden, onder andere het landgoed Amelisweerd, het gebied Maarschalkerweerd en Park de Koppel, voorkomen. Vervolgens is op basis van beschikbare wetenschappelijke publicaties en *expert judgement* voor iedere soort of soortgroep beoordeeld tot welke negatieve effecten de bouwwerkzaamheden kunnen leiden en of daarbij sprake is van overtreding van verbodsbepalingen uit de Wet natuurbescherming, negatieve effecten op soorten van de Oranje en Rode Lijst en aantasting van wezenlijke kenmerken en waarden van het Natuurnetwerk Nederland (NNN). Daarbij is ingegaan op de aspecten: visuele verstoring (optische verstoring, verstoring door kunstmatige nachtelijke verlichting) en verstoring door geluid en trillingen.

Onderzocht is of er sprake is van negatieve effecten en of mitigatie noodzakelijk is. Waar mitigatie niet toereikend is om een wezenlijke invloed op de Staat van Instandhouding te kunnen uitsluiten, zal een ontheffing in het kader van de Wet natuurbescherming nodig zijn en zullen compenserende maatregelen genomen moeten worden. Daarbij is aangesloten bij het Mitigatie- en compensatieplan Ring Utrecht en de daarbij behorende Oplegnotitie

In de rapportage over het nader onderzoek (Sweco, september 2019) en (Sweco, november 2020) is nader beschreven hoe de omvang van het te onderzoeken gebied is bepaald. Begrenzing door de 42 dB(A)- of 47 dB(A)-contour, die in de regel in studies naar effecten op respectievelijk bos- en weidevogels wordt gehanteerd, is in dit geval niet mogelijk gebleken, omdat het geluidsniveau in de situatie zonder bouwactiviteiten nergens onder 55 dB(A) ligt in de nabijheid van het gebied waar de bouwactiviteiten zullen plaatsvinden. Als grens van het onderzoeksgebied is daarom gekozen voor de contour waar de bouwactiviteiten zullen leiden tot een toename van het geluid met tenminste 1 dB(A) ten opzichte van de bestaande situatie. Een geluidstoename van geringer dan 1 dB(A) wordt als niet waarneembaar beschouwd en zal geen negatieve effecten op fauna tot gevolg hebben.

Afbeelding 8.18 Kaart van het onderzoeksgebied met 1 dB contour (zonder beheersmaatregel)



In afbeelding 8.18 is het onderzoeksgebied voor het nader onderzoek naar de effecten van de bouwmethode op beschermde diersoorten weergegeven. Het onderzoeksgebied betreft het areaal waarbinnen er tenminste 1 dB toename aan geluid op zal treden ten gevolge van de bouwactiviteiten, hier aangegeven als het gebied binnen de blauwe belijning.

Naast mogelijke effecten van verstoring van fauna zijn ook mogelijke effecten op de vitaliteit van bos en stedelijk groen onderzocht aan de hand van de hydrologische situatie en grondwaterpeil.

Onder het criterium natuur gaat het om:

- beschermde gebieden (Natura 2000, Natuurnetwerk Nederland), zie 8.6.1;
- bos en stedelijk groen, zie 8.6.2;
- beschermde fauna, zie 8.6.3.

8.6.1 Beschermde gebieden

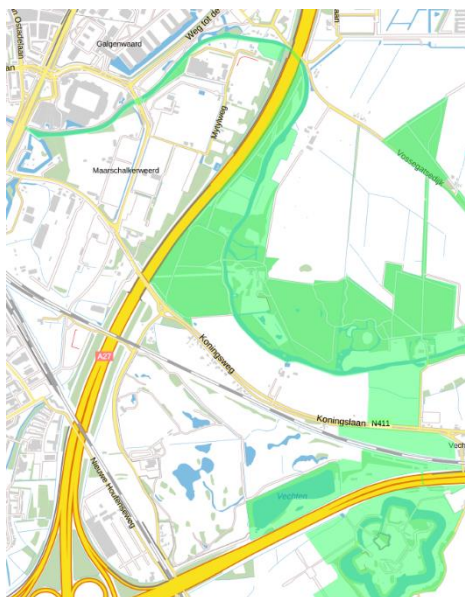
Natura2000

Het thema stikstof wordt beschreven in het overkoepelende MER A27/A12 Ring Utrecht en is daarmee geen onderdeel van dit specifieke deelrapport van het MER over de beoogde bouwmethode in de verdiepte ligging A27 tussen de knooppunten Lunetten en Rijnsweerd.

Natuurnetwerk Nederland (NNN)

In 2019 en 2020 is onderzocht of verstoring door de bouwactiviteiten kan leiden tot (tijdelijke) aantasting van de wezenlijke kenmerken en waarden van het Natuurnetwerk Nederland (NNN) en tot negatieve effecten op de natuurwaarden in de omgeving, onder andere het landgoed Amelisweerd en het gebied Maarschalkerweerd. Hiertoe zijn de mogelijke effecten van verstoring door de bouwactiviteiten - geluid, trillingen en visuele verstoring - in kaart gebracht (Sweco, september 2019) (Sweco, november 2020). De bouwmethode heeft geen effect op het ruimtebeslag aangezien de bouwwerkzaamheden binnen de Tracébesluitgrens plaatsvinden.

Afbeelding 8.19 Ligging van het Natuurnetwerk Nederland in de omgeving van de bouwactiviteiten



Er zal ten gevolge van de werkzaamheden geen sprake zijn van een significante aantasting van de wezenlijke kenmerken en waarden van het NNN binnen het onderzoeksgebied voor wat betreft het voorkomen van kwalificerende soorten fauna. Het aantal soorten binnen de begrenzing van de vier beheertypes zal niet worden aangetast. Omdat er geen soorten verdwijnen, wordt het areaal van de beheertypes niet aangetast en is daardoor geen sprake van significant negatieve effecten op de robuustheid en aaneengeslotenheid van het NNN. Waar er mogelijk lokaal kwalificerende soorten verdwijnen, zullen deze elders in of direct buiten het onderzoeksgebied en binnen het beheertype voor blijven komen. Tot slot hebben de werkzaamheden ook geen significant negatief effect op het voorkomen van provinciale aandachtsoorten binnen het areaal van de beheertypen, zodat de aanwezigheid van bijzondere soorten binnen het NNN niet significant zal worden aangetast.

Geohydrologische effecten op Natuurnetwerk Nederland (specifiek Amelisweerd) worden in paragraaf 8.6.2 toegelicht.

Beoordeling

Voor de vertaling van het effect op Natura2000 en NNN naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 8.15 (dit betreft dan alleen de beoordeling van effecten op beschermde soorten. Hydrologische effecten op NNN zijn in de volgende paragraaf beschreven).

Tabel 8.15 Beoordeling beschermde gebieden (effecten op fauna)

Criterium aspect Natuur	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
Beschermde gebieden (Natura 2000, Natuurnetwerk Nederland)	Groot positief effect	Beperkt positief effect	Geen/vrijwel geen effect	Gering negatief effect door ruimtebeslag, stikstofdepositie, visuele verstoring, verstoring door geluid en trillingen	Groot negatief effect door ruimtebeslag, stikstofdepositie, visuele verstoring, verstoring door geluid en trillingen

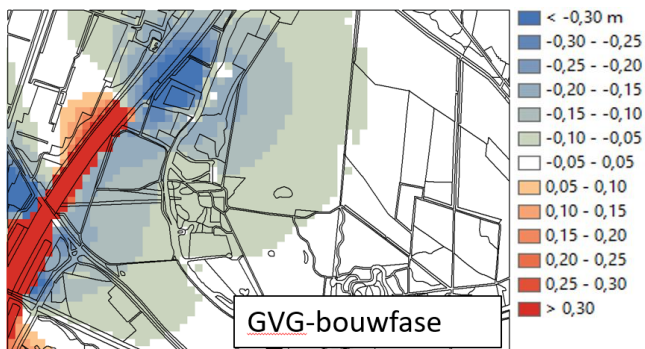
Significante aantasting van wezenlijke kenmerken en waarden van het NNN door verstoring van kwalificerende fauna is uitgesloten. Het oordeel op het criterium 'aantasting en verstoring beschermde gebieden' is neutraal voor wat betreft kwalificerende fauna.

8.6.2 Bos en stedelijk groen (bos Amelisweerd incl. Park de Koppel)

Wezenlijke kenmerken en waarden van het NNN

Op grond van de conclusie uit het onderdeel 'Oriëntatie' is een deskundig oordeel nodig: leidt de nieuwe ontwikkeling tot aantasting van het NNN? En, zo ja, gaat het om een significante aantasting? De focus van deze beoordeling ligt op de omgevingsfactoren 'bodem en water'. Daartoe is vooral gekeken naar de omvang van de ingreep (verandering in grondwaterstand) en het voorkomen van natuurwaarden. De verandering in de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand voor de bouwphase wordt getoond in afbeelding 8.20.

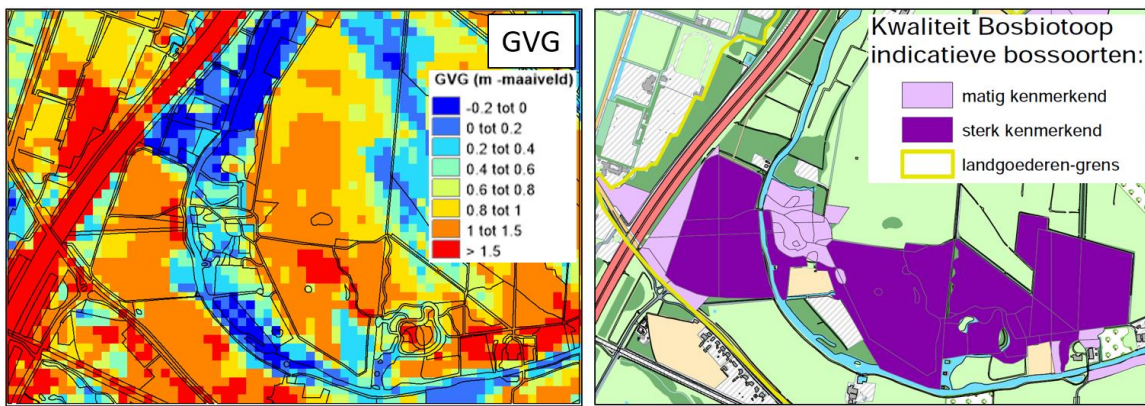
Afbeelding 8.20 Verandering in GVG ofwel gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand in de bouwphase



Voor de bouwphase betreffen de hydrologische effecten een stijging van de grondwaterstand van ca. 5 tot ca. 30 cm. In het noorden van Amelisweerd ligt het Landje van Wiggen. Hier ligt de grondwaterstand in de

uitgangssituatie relatief dicht bij maaiveld (afbeelding 8.21) zodat hier mogelijk nadelige vernattingseffecten zijn te verwachten. Het hier aanwezige natuurbeheertype N12.02 is evenwel niet kritisch aangezien de kwalificerende plantensoorten qua milieuraanvoorwaarde erg heterogeen zijn. Daarnaast komen volgens het NDFF ook weinig kwalificerende plantensoorten voor. In het zuiden van Amelisweerd zijn ook hydrologische effecten berekend t.p.v. het Markiezenbos (natuurbeheertype N14.03). Het westelijk deel van het Markiezenbos is relatief vochtig zodat hier een risico aanwezig is op een mogelijk ecologisch effect. Er komen hier monumentale bomen voor. Qua ondergroei scoort dit deel matig op basis van indicatieve bossoorten (Bloedzuring, Bosaardbei, Groot heksenkruid, Gulden boterbloem, IJle zegge, Reuzenzwenkgras, Schaduwgras, Wijfjesvaren met als bijzonder soorten: Bosbies, Boskortsteel, Boszegge, Elzenzegge, Grote keverorchis, Slanke sleutelbloem, Stengelloze sleutelbloem, Tongvaren). Verder af van de A27 ligt het merendeel van het Markiezenbos. Hier is wel een waardevolle kruidlaag aanwezig maar hier ligt de grondwaterstand relatief diep onder maaiveld (afbeelding 8.21) zodat er geen hydrologisch effect in de wortelzone wordt verwacht.

Afbeelding 8.21 Links de GVG [m-mv] in de bouwfase en rechts de kwaliteit van het bosbiotoop (bron: Adviesbureau Maes (2009))



De overige percelen bevatten ofwel jonge bomen (N16.04) of liggen buiten het bereik van de hydrologische veranderingen. Gegeven de aanwezigheid van jonge bomen op natte bodems en de monumentale bomen op vochtige bodems in combinatie met de voorspelde grondwaterstandsveranderingen zijn (vernattings)effecten tijdens de bouwfase mogelijk. Door in de bouwfase (middels de mitigerende maatregel 'Hand aan de Kraan' principe) actief te sturen op een grondwaterregime wat past binnen het langjarig gemiddelde kan significante schade als gevolg van de ingreep worden vermeden.

Waterwijzer natuur

Op een vergelijkbare wijze als voor de eindfase is ook gekeken naar de hydrologische effecten op aandachtsgebied Amelisweerd tijdens de bouwfase. Tijdens deze fase is sprake van een sterkere mate van vernatting (verhoogde GVG) over een groter areaal binnen het Markiezenbos. Dit treedt vooral op in de lager gelegen delen dicht tegen de A27 aan.

Hydrologische effecten op stedelijk groen en Park de Koppel

Voor stedelijk groen en Park de Koppel zijn geen effectenberekeningen uitgevoerd. Wel is de mate van beïnvloeding van grondwaterstand berekend. Ter plaatse van Park de Koppel zijn grondwaterstandsverhogingen berekend van 5 tot 10 centimeter. Deze grondwaterstandsverhogingen leiden tot een geringe afname van de ontwatering. Park de Koppel bevat in de huidige situatie al een kleine ontwateringsdiepte (0-30 cm, zie afbeelding 8.13). Een negatief effect op Park de Koppel en omliggend gemeentelijk groen wordt door de verhoging van 5-10 cm niet verwacht.

Hydrologische effecten bomen Amelisweerd

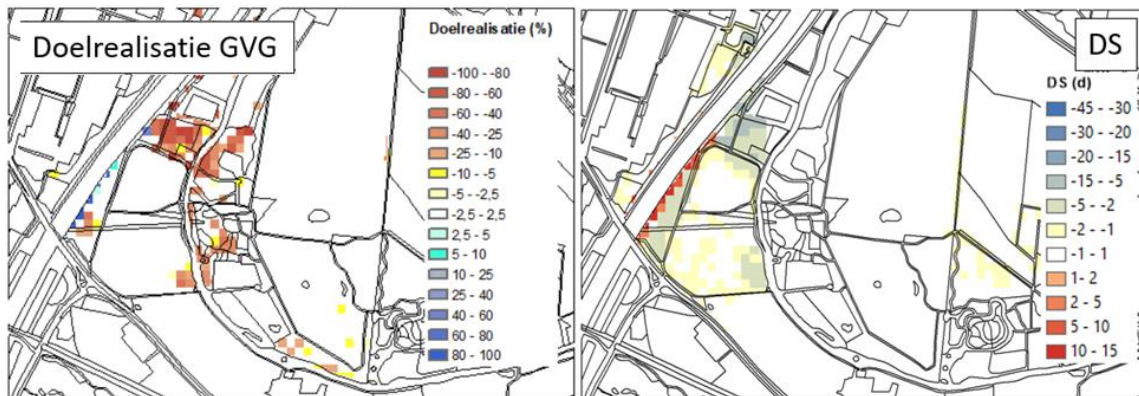
Bij de effectbeoordeling van de bomen in Amelisweerd is gebruik gemaakt van de Waterwijzer Natuur (WWN), zoals omschreven in paragraaf 6.3. De WWN bevat een voorspellingsmodule waarmee gevolgen van veranderingen in hydrologie vertaald kunnen worden naar effecten op de bomen.

Het effect is bepaald als het verschil tussen de bouwphase en de referentiesituatie. De veranderingen in grondwaterstand (GVG) in de bouwphase staan weergegeven in afbeelding 8.20.

De effecten van de veranderingen in de grondwaterstand op het bos Amelisweerd als gevolg van de bouwphase zijn beoordeeld. Als maat is voor de effecten is daarbij vooral gebruik gemaakt van de verandering in doelrealisatie voor de GVG en droogtestress (DS). In afbeelding 8.22 is het resultaat weergegeven. Uit dit resultaat blijkt dat een grondwaterstandsstijging van circa 5 tot 30 cm kan leiden tot:

- een afname van de doelrealisatie GVG met name in het Markiezenbos van 2,5 tot 40 %;
- een afname van droogtestress (DS) in Amelisweerd van variërend tussen de 1 en 5 %, met in het Markiezenbos een afname tot ca. 15 %. De cellen langs de schermwand die een toename laten zien in droogtestress (DS) zijn een artefact als gevolg van de gehanteerde resolutie van het geohydrologisch model.

Afbeelding 8.22 Verandering doelrealisatie Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand (GVG), droogtestress (DS) voor de bouwphase



Beoordeling

Voor de vertaling van de effecten op bos en stedelijk groen naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 8.16.

Tabel 8.16 Beoordeling bos en stedelijk groen

Criterium aspect	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
Natuur					
Bos/stedelijk groen	Groot positief effect	Beperkt positief effect	Geen significant effect	Gering negatief effect op hydrologie/grondwater en vitaliteit bomen	Groot negatief effect op hydrologie/grondwater en vitaliteit bomen

Uitgaande van de resultaten en de beoordelingscriteria wordt het effect van de bouwphase op aandachtsgebied Amelisweerd als negatief (-) beoordeeld vanwege de significante afname van de doelrealisatie van de GVG voor het natuurdoeltype N14.03 (als gevolg van de toename in natschade). Dit negatieve effect kan worden gemitigeerd door gebruik te maken van retourbemaling volgens het 'hand aan de kraan'-principe. Met deze maatregel stuurt men op de grondwaterstand zodat deze niet buiten het bereik komt van het natuurlijk langjarig bereik aan grondwaterstanden.

In bouwphase is er voor het criterium stedelijk groen en park de Koppel, specifiek in relatie tot de schermwand, weinig effect. Het oordeel op dit criterium is daarom neutraal (0).

Zonder mitigerende maatregelen wordt de bouwfase beoordeeld als negatief (-). Met mitigerende maatregelen ('hand aan de kraan'-principe) wordt de bouwfase beoordeeld als neutraal (0).

Mitigerende maatregel

Er is een mitigerende maatregel nodig om het negatieve effect van de bouwmethode op Amelisweerd te mitigeren. De maatregel omvat de optimalisatie van het te retourneren bemalingswater volgens het Hand aan de kraan-principe, zie hoofdstuk 4, en een uitwerking hiervan in hoofdstuk 9.

De bouwmethode retourbemaling met schermwand heeft met de mitigerende maatregelen (Hand aan de kraan-principe) geen ecohydrologisch effect op Amelisweerd. Het oordeel op het criterium effecten op aandachtsgebied Amelisweerd is daarom neutraal (0).

In tabel 8.17 is een overzicht gegeven van de beoordeling per natuurbeheertype voor de situatie met en zonder mitigerende maatregel

Tabel 8.17 Beoordeling natuurbeheertypen in relatie tot de hydrologische veranderingen voor de bouwfase

Natuurbeheertype	zonder mitigerende maatregelen	met mitigerende maatregelen
N12.02 Kruiden- en faunarijk grasland	0 (neutraal)	0 (neutraal)
N14.03 Haagbeuken- en essenbos	- (negatief)	0 (neutraal)
N16.04 Vochtig bos met productie	0 (neutraal)	0 (neutraal)
N17.03 Park- of stinzenbos	0 (neutraal)	0 (neutraal)
N17.06 Vochtig- en hellingshakhout	0 (neutraal)	0 (neutraal)

8.6.3 Beschermde fauna

Ter aanvulling op het in 2019 uitgevoerde onderzoek is in het voorjaar van 2020 door Sweco (Sweco, november 2020) een aanvullend veldonderzoek uitgevoerd naar de effecten van de bouwmethode bemaling met schermwand op beschermde natuurwaarden. De resultaten van dit onderzoek zijn verwerkt in deze paragraaf.

Vogels met jaarrond beschermd nest

Op basis van het in 2019 uitgevoerde nader onderzoek is vastgesteld dat er als gevolg van de bouwwerkzaamheden geen sprake is van verstoring van vogels waarvan het nest jaarrond is beschermd (categorie 1 t/m 4: het gehele jaar beschermd en dus niet alleen tijdens de broedperiode).

Broedvogels

Op basis van het onderzoek in 2019 kon voor 13 soorten broedvogels verstoring door de bouwwerkzaamheden niet op voorhand worden uitgesloten. Hieronder waren ook soorten met een jaarrond beschermd nest 'categorie 5': nesten van vogels die weliswaar vaak terugkeren naar de plaats waar zij het jaar daarvoor hebben gebroed of de directe omgeving daarvan, maar die wel over voldoende flexibiliteit beschikken om, als de broedplaats verloren is gegaan, zich elders te vestigen; deze zijn buiten het broedseizoen niet beschermd. Daarom is voor deze 13 broedvogelsoorten in 2020 nader literatuur- en vlakdekkend veldonderzoek uitgevoerd.

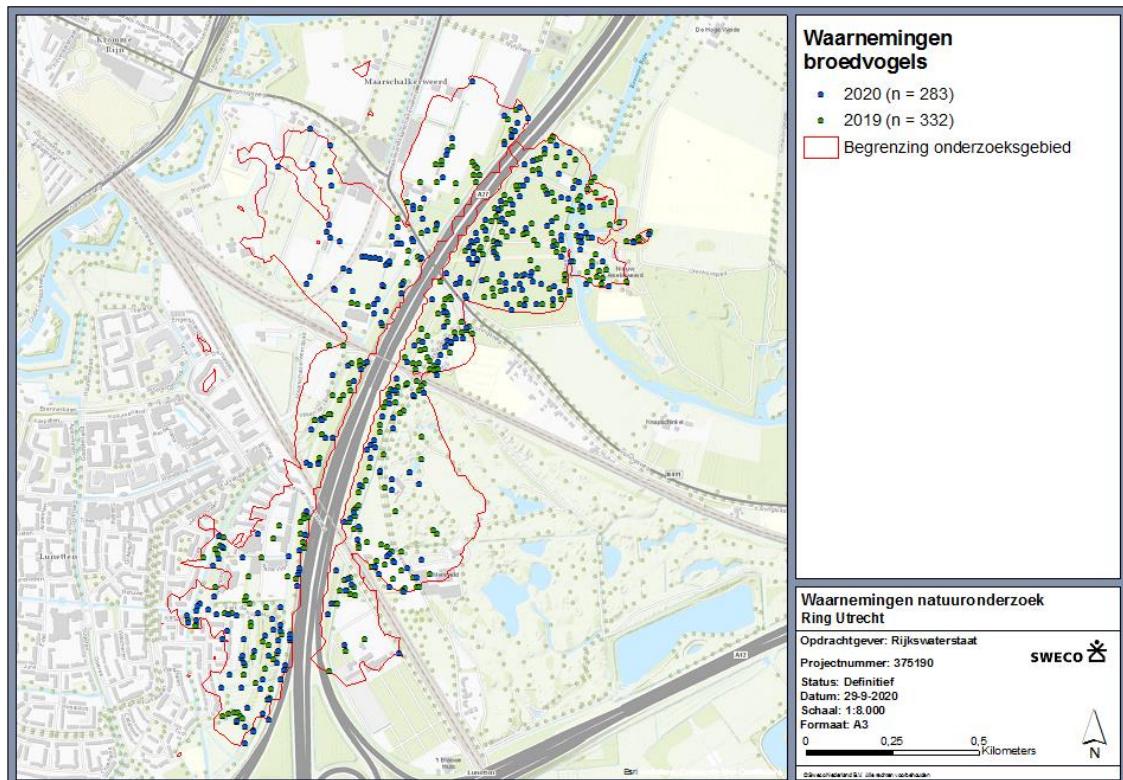
Beoordeeld is of een wezenlijke invloed op de landelijke en provinciale Staat van Instandhouding (Svl) van deze soorten alsnog kan worden uitgesloten op basis van (i) het aantal verstoorde territoria ten opzichte van de landelijke en provinciale Svl, (ii) de aanwezigheid van alternatief leefgebied in de directe omgeving van het onderzoeksgebied, (iii) de plaatstrouwheid, (iv) de verstoring gevoeligheid en (v) het voorkomen van de verschillende soorten binnen de begrenzing van het onderzoeksgebied en in de directe omgeving daarvan.

Het in 2020 uitgevoerde nader onderzoek wijst uit dat het aantal broedvogelterritoria dat mogelijk verstoord wordt door de werkzaamheden niet zodanig is dat er sprake kan zijn van een wezenlijke invloed op de provinciale of landelijke SvI.

Daarnaast is het zo dat:

- effecten van verstoring beperkt zullen zijn omdat het gaat om een tijdelijke verstoring die per locatie, c.q. per territorium, maximaal één broedseizoen zal beslaan;
- er binnen de begrenzing van het onderzoeksgebied en in de directe omgeving daarvan voldoende uitwijkmogelijkheden (leefgebieden) zijn voor de broedvogels;
- het tijdelijk te plaatsen scherm rondom de werkzaamheden eventuele verstoring verder zal beperken.

Afbeelding 8.23 Alle waarnemingen van broedvogels binnen de begrenzing van het onderzoeksgebied uit het in 2019 en 2020 uitgevoerde veldonderzoek



Voor de beoordeling van effecten van geluidsverstoring veroorzaakt door de werkzaamheden op de SvI van de 13 broedvogelsoorten is uitgegaan van het op de wettelijke standaard van 1,5 meter hoogte berekende geluidsniveau. Op een grotere hoogte zal het geluidsniveau hiervan afwijken. Wetenschappelijk onderzoek wijst uit dat tot een hoogte van circa 5 meter het geluidsniveau (tot ongeveer 1 dB(A)) zal toenemen, terwijl het geluidsniveau op grotere hoogte weer zal afnemen. Ook de geluidsbeperkende werking van het tijdelijk scherm, dat rondom de werkzaamheden zal worden geplaatst, zal op grotere hoogte minder zijn. Dit zou met name voor vogels die zich veelal op grotere hoogtes begeven, zoals wielewaal en grote lijster, relevant kunnen zijn. Uit de beoordeling is echter gebleken dat overtredingen van verbodsbepalingen uit de Wet natuurbescherming als gevolg van geluidsverstoring, onafhankelijk van de hoogte waarop de verstoring plaatsvindt, ook zonder het plaatsen van een geluidsscherm voor alle 13 broedvogelsoorten, inclusief de wielewaal en de grote lijster kunnen worden uitgesloten.

Op grond van bovengenoemde redenen kunnen ook negatieve effecten op broedvogelsoorten van de Rode en Oranje Lijst en significante aantasting van wezenlijke kenmerken en waarden van het NNN door verstoring van kwalificerende broedvogelsoorten worden uitgesloten.

Grondgebonden zoogdieren

Zowel beschermde als vrijgestelde grondgebonden zoogdieren kunnen verstoord worden door de bouwactiviteiten. Met name nachtelijke verlichting zou de foerageefficiëntie van verschillende soorten negatief kunnen beïnvloeden. Deze effecten zullen echter over beperkte afstand optreden, terwijl er veelal geschikte uitwijkmogelijkheden voor de dieren aanwezig zijn. Bovendien worden de effecten van verlichting aanzienlijk beperkt door het plaatsen van het scherm. Een wezenlijke invloed op de SvI door verstoring kan daarmee ook voor deze soorten worden uitgesloten.

Op grond van het onderzoek kunnen ook negatieve effecten op soorten van de Rode en Oranje Lijst worden uitgesloten. Significante aantasting van wezenlijke kenmerken en waarden van het NNN door verstoring van kwalificerende soorten is niet aan de orde, er zijn geen grondgebonden zoogdieren als provinciale aandachtsoort aangemerkt.

Vleermuizen

In het onderzoeksgebied komen verschillende soorten vleermuizen (potentieel) voor: baardvleermuis, gewone grootoorvleermuis, franjestaart, gewone dwergvleermuis, laatvlieger, rosse vleermuis, ruige dwergvleermuis, watervleermuis, meervleermuis. Binnen de begrenzing van het onderzoeksgebied bevindt zich één kraamkolonie van de gewone grootoorvleermuis in Amelisweerd in het Markiezenbos nabij de Kromme Rijn en de Sneeuwkllokjeslaan. Deze bevindt zich op een afstand van ca. 200 meter van de snelweg A27. De locatie van de kraamkolonie van de gewone grootoorvleermuis is vastgesteld binnen de geluidscontour met een toename van 1 – 2 dB. Een dergelijke toename in geluid zal niet leiden tot verstoring van deze soort, aangezien die slechts beperkt gevoelig is voor verstoring door geluid.

Voor de overige (potentieel) voorkomende soorten vleermuizen kan verstoring door de bouwwerkzaamheden op relatief korte afstand (circa 100 m) van de locatie van de bouwactiviteiten leiden tot een veranderde soortensamenstelling.

Omdat verstoring door geluid, licht en trillingen reeds tamelijk wijdverspreid binnen het leefgebied van de vleermuizen in het onderzoeksgebied optreedt, waaronder verlichting langs vliegroutes, de beperkte afstand waarover effecten van geluid en verlichting plaats kunnen vinden, terwijl over het algemeen grote oppervlaktes worden gebruikt om te foerageren, zijn de effecten op soortensamenstelling echter naar verwachting beperkt. Bovendien worden de effecten van verlichting aanzienlijk beperkt door het plaatsen van het scherm. Vanwege de beperkte afstand waarover de effecten plaats zullen vinden, kunnen negatieve effecten door geluid, trillingen of visuele verstoring als gevolg van de geplande werkzaamheden op de populaties van overige soorten vleermuizen op voorhand worden uitgesloten. Daarmee kunnen ook negatieve effecten op soorten van de Rode en Oranje Lijst en significante aantasting van wezenlijke kenmerken en waarden van het NNN door verstoring van kwalificerende soorten vleermuizen worden uitgesloten.

Reptielen

De ringslang komt verspreid voor in de omgeving van het plangebied. De soort is een provinciale aandachtsoort. Aan weerszijden van de A27 zijn populaties aanwezig. Met name in Nieuw Amelisweerd en verspreid over Maarschalkerweerd zijn waarnemingen gedaan. Verstoring door trillingen, geluid of visuele verstoring als gevolg van de geplande werkzaamheden op de ringslang is naar verwachting beperkt. Een wezenlijke invloed op de SvI door verstoring tijdens het foerageer- en paringsseizoen kan worden uitgesloten.

Broeihopen zijn niet aangetroffen. Voor foerageer- of paringsgebied zijn voldoende uitwijkmogelijkheden waar er geen verstoring ten gevolge van de bouwactiviteiten zal optreden.

Hoewel er op veel locaties rond de Kromme Rijn geschikt overwinteringsgebied aanwezig is, zouden ook winterverblijfplaatsen op korte afstand aan weerszijden van de A27 aanwezig kunnen zijn. Winterverblijfplaatsen zijn jaarrond beschermd. Aanvullend onderzoek door de toekomstig aannemer, voorafgaand aan de start van de uitvoeringswerkzaamheden, zal moeten uitwijzen of verstoring van winterrustplaatsen aan de orde is. Indien uit aanvullend onderzoek blijkt dat winterrustplaatsen nabij de bouwwerkzaamheden

aanwezig zijn, zullen mitigerende maatregelen voor de ringslang getroffen moeten worden omdat een wezenlijke invloed op de Svl door verstoring van winterverblijfplaatsen dan niet kan worden uitgesloten.

Aangezien volledige mitigatie naar verwachting niet mogelijk is, zal een ontheffing van de Wet natuurbescherming bij het bevoegd gezag moeten worden aangevraagd. De ontheffing is in beginsel verleenbaar aangezien het project voldoet aan de wettelijke belangen uit de Habitatrictlijn en Vogelrichtlijn, en de gunstige staat van instandhouding van de soort niet in het geding komt. Wel zal de aannemer moeten aantonen dat er geen andere bevredigende oplossing mogelijk is. Als er een werkwijze of uitvoeringsperiode is waarbij effecten op deze soort voorkomen kunnen worden, dient hij daarvoor te kiezen. Indien nadere maatregelen benodigd zijn, zullen deze onderdeel uitmaken van de ontheffingsvoorwaarden.

Amfibieën

De bruine kikker en kleine watersalamander komen verspreid door het onderzoeksgebied voor, terwijl de gewone pad is aangetroffen bij de A12 / A27 knooppunt Lunetten. Bruine kikker en gewone pad kunnen nabij de bouwactiviteiten verstoring van geluid en nachtelijke verlichting ondervinden. Een wezenlijke invloed op de Svl door verstoring door trillingen, geluid of visuele verstoring op de populaties van bruine kikker, gewone pad en de kleine watersalamander kan echter op voorhand worden uitgesloten. Bovendien worden de effecten van verlichting aanzienlijk beperkt door het plaatsen van het scherm.

Vissen

Van de in ons land beschermde vissoorten komt alleen de grote modderkruiper (potentieel) voor in het onderzoeksgebied. Deze vissoort is een provinciale aandachtsoort en icoonsoort. Naast de grote modderkruiper zijn in eerder onderzoek alleen algemene, niet-beschermde vissoorten aangetroffen, waaronder bittervoorn, kleine modderkruiper, driedoornige en tiendoornige stekelbaars, rietvoorn en zeelt (Sweco, september 2019). Hoewel er, ook op basis van eDNA-onderzoek, tot recent geen aanwijzingen waren dat de grote modderkruiper binnen de begrenzing van het onderzoeksgebied voorkomt, is er in potentie geschikt leefgebied aanwezig. In april 2020 is de grote modderkruiper in een onderzoek naar het voorkomen van de soort in de gemeente Utrecht aangetroffen in een sloot in de Maarschalkerweerd. Gezien de afstand van deze locatie tot de bouwwerkzaamheden zal hier geen sprake zijn van verstoring van de grote modderkruiper door de bouwwerkzaamheden. Ook andere ondiepe watergangen en sloten binnen het onderzoeksgebied en direct langs de A27 vormen echter mogelijk geschikt leefgebied.

Aanvullend onderzoek door de toekomstig aannemer, voorafgaand aan de start van de uitvoeringswerkzaamheden, zal moeten uitwijzen of de soort daadwerkelijk binnen het onderzoeksgebied aanwezig is. Indien de grote modderkruiper voorkomt op locaties waar nachtelijke verstoring door verlichting niet kan worden uitgesloten, zullen mitigerende maatregelen worden genomen om de verstoring te voorkomen of zoveel mogelijk te beperken (overige effecten van geluid of trillingen kunnen worden uitgesloten).

Wanneer ook met het nemen van mitigerende maatregelen een wezenlijke invloed op de Svl door verstoring door verlichting niet kan worden uitgesloten, zal een ontheffing van de Wet natuurbescherming bij het bevoegd gezag moeten worden aangevraagd. De ontheffing is in beginsel verleenbaar aangezien het project voldoet aan de wettelijke belangen uit de Habitatrictlijn en Vogelrichtlijn, en de gunstige staat van instandhouding van de soort niet in het geding komt. Wel zal de aannemer moeten aantonen dat er geen andere bevredigende oplossing mogelijk is. Als er een werkwijze of uitvoeringsperiode is waarbij effecten op deze soort voorkomen kunnen worden, dient hij daarvoor te kiezen. Indien nadere maatregelen benodigd zijn, zullen deze onderdeel uitmaken van de ontheffingsvoorwaarden.

Ongewervelden

De gevlekte witsnuitlibel is de enige beschermde soort van ongewervelden die (potentieel) in het onderzoeksgebied voorkomt. De soort is aandacht- en icoonsoort in het provinciale soortenbeleid. In recent onderzoek voor het Tracébesluit is de soort echter niet aangetroffen (Sweco, september 2019). Negatieve effecten door verstoring door trillingen, geluid of visuele verstoring als gevolg van de geplande werkzaamheden op ongewervelden worden op voorhand uitgesloten.

Beoordeling

Voor de vertaling van de effecten op de beschermde fauna naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 8.18.

Tabel 8.18 Beoordeling beschermde fauna

Criterium aspect Natuur	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
Beschermde fauna	Groot positief effect	Beperkt positief effect	Geen significant effect	Gering negatief effect door visuele verstoring, verstoring door geluid en trillingen	Groot negatief effect door visuele verstoring, verstoring door geluid en trillingen

Nader onderzoek door Sweco (Sweco, november 2020) heeft uitgewezen dat een wezenlijke invloed op de SvI volledig kan worden uitgesloten voor alle voorkomende beschermde soorten, met uitzondering van de ringslang en de grote modderkruiper. Het oordeel op het criterium 'visuele verstoring en verstoring door geluid en trillingen' is neutraal (0). Dit wordt onderstaand nader beschreven.

Nader onderzoek zal uitwijzen of de grote modderkruiper en winterverblijfplaatsen van de ringslang aanwezig zijn, of eventuele verstoring kan worden gemitigeerd of dat overtredingen van verbodsbepalingen uit de Wet natuurbescherming aan de orde zijn. Dit onderzoek zal voorafgaand aan de start van de uitvoeringswerkzaamheden, door de toekomstig aannemer worden uitgevoerd.

Analyse mitigerende maatregelen

Uit het onderzoek door Sweco (Sweco, november 2020) blijkt dat mitigerende maatregelen in de vorm van het plaatsen van een tijdelijk scherm rondom de werkzaamheden ter hoogte van Amelisweerd en Maarschalkerweerd en door gebruik te maken van gerichte verlichting in het rode spectrum niet noodzakelijk zijn om significant negatieve effecten van verstoring op de hier voorkomende fauna te kunnen uitsluiten. Om de verstoring door de bouwwerkzaamheden in het bosgebied zoveel mogelijk te beperken, zullen de mitigerende maatregelen uit oogpunt van de zorgplicht toch worden toegepast. Op basis van het onderzoek naar effecten van de bouwactiviteiten zien we de volgende kansrijke maatregelen waarmee verstoring in het bosgebied kan worden voorkomen.

De maatgevende geluidsbron is het diesel-hydraulische powerpack welke in of op de freesmachine geplaatst is. De frees zelf is relatief stil en bevindt zich in de grond tijdens het frezen. Hulpmaterieel is in veel mindere mate actief, heeft een lager bronvermogen en is derhalve niet maatgevend.

Afbeelding 8.23 Locatie powerpack in rood weergegeven (primaire geluidsbron)



De beoordeling van te verwachten negatieve effecten resulteert in een advies over toe te passen mitigerende maatregelen. Bij toepassing van deze mitigerende maatregelen kunnen significant negatieve effecten (deels) worden voorkomen:

- het doorvoeren van aanvullende geluidsreducerende bronmaatregelen bij het freesmateriaal bij bouwactiviteiten;
- het plaatsen van dichte hekwerken of een scherm langs de route waar de vrachtwagens langs zullen rijden voor de aan- en afvoer van materiaal zou met name de optische verstoring van meerdere soorten fauna (o.a. vogels, vleermuizen, reeën) grotendeels kunnen voorkomen. Daarnaast zal het ook de effecten van geluid en nachtelijke verlichting kunnen beperken;
- effecten van verstoring door nachtelijke verlichting zal worden beperkt door aan de aannemer voor te schrijven dat alleen gericht verlicht mag worden binnen het rode spectrum van het licht. Het gebruik van vleermuisvriendelijke bouwverlichting met rood in plaats van wit of groen licht is naar verwachting een effectieve mitigerende maatregel tegen verstoring door nachtelijke verlichting van vleermuizen.

De geluidsreducerende bronmaatregelen bij het freesmateriaal is onderzocht in een nader geluidsonderzoek door RHDHV (RHDHV 2020), zie samenvatting in het onderstaande kader.

Samenvatting nader geluidsonderzoek RHDHV (mei 2020)

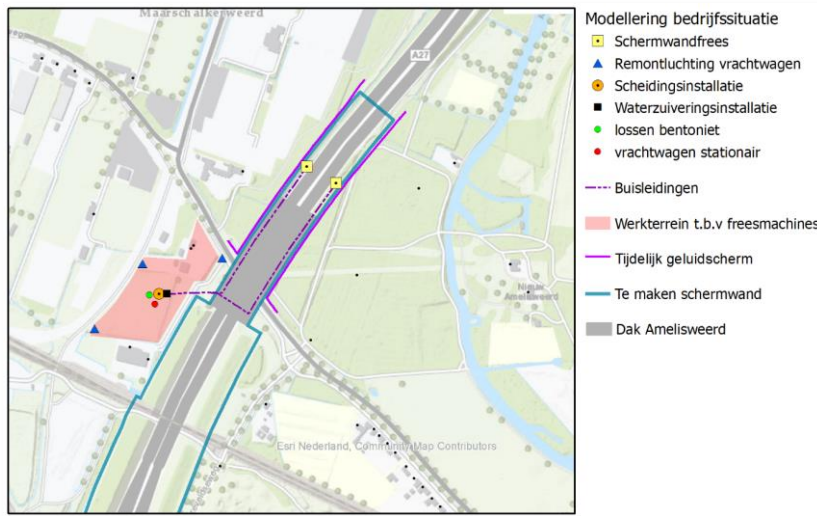
Aanpak

Voor het aanbrengen van een schermwand langs de A27 is een voorstel gemaakt hoe deze werkzaamheden kunnen worden uitgevoerd. Er worden sleuven tot een diepte van 70 meter gemaakt met een viertal freesmachines, waarvan er telkens ten minste twee continu in bedrijf zullen zijn. De grond die uit deze sleuven komt zal moeten door middel van buisleidingen worden afgevoerd naar de werkerreinen. Vanaf de werkerreinen zal de uitkomende grond worden afgevoerd door bouwverkeer en zullen bouwmaterialen worden aangevoerd. De bedrijfssituatie is voor de gehele bouwperiode in rekenmodellen opgesteld voor de verschillende weken, waarmee voor elke week de geluidbelasting ten gevolge van de op dat moment optredende werksituatie is berekend.

Er is op deze locatie bovendien sprake van een geluidbelasting van andere bronnen, met name de rijksweg A27 en de spoorlijnen. Voor de vergelijking van het effect van het bouwlawaai is de cumulatieve geluidbelasting in de volgende situaties bepaald:

- de referentiesituatie met geluidbelastingen t.g.v. wegverkeer van rijkswegen en onderliggend wegennet en de spoorwegen;
- de situatie gedurende de werkzaamheden, met daarin aanvullend een bijdrage van het bouwlawaai van de werkzaamheden.

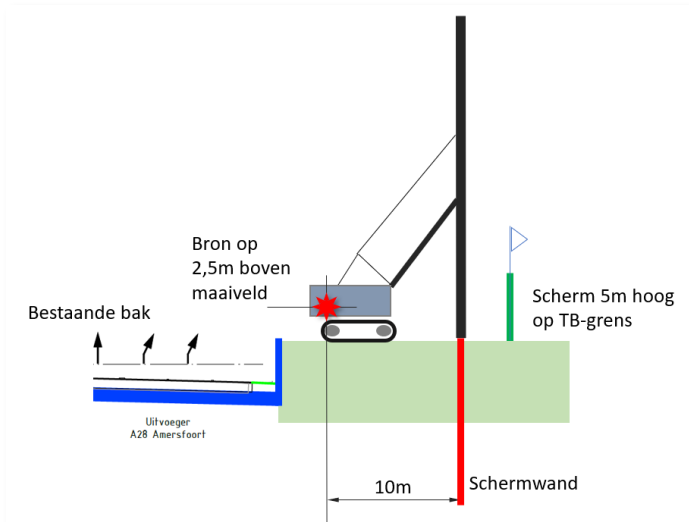
In onderstaande afbeelding is een overzicht van een representatieve bedrijfssituatie opgenomen, als er ter hoogte van de bak bij Amelisweerd wordt gewerkt. In de afbeelding zijn de te maken schermwand, het tijdelijke geluidscherm, de werkkerreinen en de ligging van de buisleidingen voor de afvoer van vrijkomend materiaal opgenomen.



Tijdelijk geluidscherm Amelisweerd

Als geluidbeperkende maatregel is in het rekenmodel rond de open bak bij Amelisweerd een geluidscherm opgenomen met een hoogte van 5 meter, dat tussen de freesmachine en het achterliggende gebied wordt geplaatst om de machine af te schermen.

In onderstaande afbeelding is schematisch aangegeven hoe de werkzaamheden worden uitgevoerd en waar het tijdelijke geluidscherm wordt geplaatst: de machine staat aan de wegzijde op het terrein dat later wordt benut voor de verbreding van de bak en het scherm wordt aan de omgevingszijde op de TB-grens geplaatst of op maximaal 3 meter vanaf de schermwand. Het scherm staat altijd op of binnen de TB grens hierdoor is geen sprake van extra ruimtebeslag.



Uitgangspunten bronnen bouwlawaai en werkkerreinen

In onderstaande tabel is een samenvattend overzicht opgenomen van de uitgangspunten voor de bronnen in de representatieve bedrijfssituatie.

Omschrijving	Geluidvermogen in dB(A)	Bedrijfsduur [%]/aantallen			Werkerterrein of bouwlawaai
		Dag	Avond	Nacht	
Puntbronnen					
Frees schermwand	103	100	100	100	bouwlawaai
Scheidingsinstallatie	95	100	100	100	bouwlawaai
Waterzuiveringsinstallatie	76	100	100	100	werkerterrein
Leidingtracé	62 per meter	100	100	100	bouwlawaai
Lossen bentoniet	112	58 stuks	--	--	werkerterrein
Stationaire vrachtwagen laden/lossen zand	95	25 stuks	--	--	werkerterrein
Vrachtwagen piek, b.v. ontluichten remmen	111	Aanwezig	--	--	werkerterrein
Mobiele bronnen					
Vrachtwagen aanvoer bentoniet/cement	104	7 stuks	--	--	werkerterrein
Vrachtwagen aanvoer grind/zand	105	40 stuks	--	--	werkerterrein
Vrachtwagen afvoer grond	105	40 stuks	--	--	werkerterrein

Rekenresultaten

In dit onderzoek is het akoestisch rekenmodel gehanteerd dat in het kader van het onderzoek voor het TB Ring Utrecht is opgesteld van de situatie conform het geluidregister, zoals die was voor opname van het project Ring Utrecht. Om de effecten van de bouwwerkzaamheden op de omgeving ten behoeve van natuur in beeld te brengen, is het verschil bepaald tussen de cumulatieve geluidbelasting in de situatie met de werkzaamheden en de situatie zonder de werkzaamheden. Hiervoor is gebruik gemaakt van de 24-uurs gemiddelde geluidbelasting op een hoogte van 1,5 meter ten opzichte van plaatselijk maaiveld.

In afbeelding 8.22 zijn de berekende geluidcontouren opgenomen voor de volgende situaties:

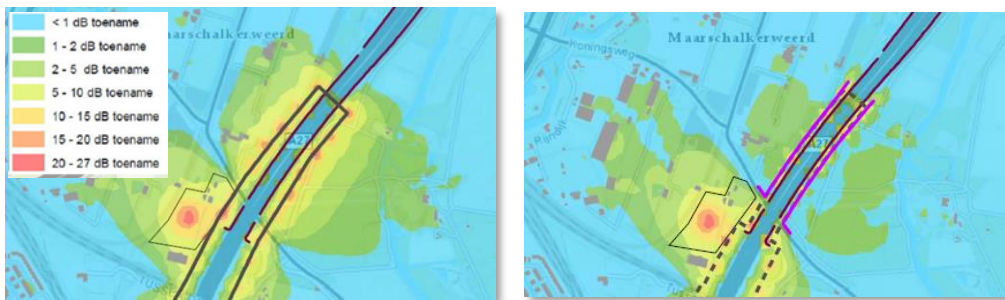
- toename van de geluidbelasting t.g.v. de bouwwerkzaamheden, zonder geluidscherm (links);
- toename van de geluidbelasting t.g.v. de bouwwerkzaamheden, met het tijdelijke geluidscherm (rechts).

Uit de afbeelding blijkt dat door een geluidscherm ter hoogte van Amelisweerd met een hoogte van 5 meter de geluidsbelasting in Amelisweerd fors wordt teruggebracht. Het gebied met een toename van de geluidsbelasting wordt aanzienlijk kleiner en komen geluidstoenames van >2 dB(A) niet meer voor. Het geluidscherm blijkt bovendien een aanzienlijke afscherming van het geluid t.g.v. wegverkeer op te leveren.

Het nader geluidsonderzoek door RHDHV (RHDHV 2020) wijst uit dat het gebied aan weerszijden van de snelweg, waar ten gevolge van de bouwwerkzaamheden een toename van de geluidbelasting optreedt met meer dan 1 dB, met een geluidscherm met een hoogte van 5 meter aan weerszijden van de snelweg (ter hoogte van Amelisweerd) aanzienlijk kan worden teruggebracht. Het geluidscherm blijkt bovendien een aanzienlijke afscherming van het geluid ten gevolge van wegverkeer op te leveren. In afbeelding 8.24 zijn de toenames te zien in de situatie zonder afschermende voorzieningen (links) en in de situatie met een geluidscherm langs de werkzaamheden (rechts). In de situatie met geluidscherm komen geluidstoenames van >2 dB(A) niet voor.

Er zijn gesprekken gevoerd met verschillende marktpartijen over de mogelijkheid om de geluidemissie van de freesmachine te beperken door toepassing van een elektrische aandrijving. Uit de gesprekken is gebleken dat dit momenteel nog onvoldoende is uitontwikkeld. Om die reden is in dit rapport uitgegaan van de tijdelijke plaatsing van een geluidscherm. Mocht over enkele jaren, tijdens de aanbesteding, blijken dat een freesmachine met elektrische aandrijving wél kan worden ingezet en dat dit een vergelijkbaar of beter effect heeft dan het geluidscherm dan kan deze mogelijkheid alsnog worden overwogen.

Afbeelding 8.24 Toenames geluidsbelasting zonder afscherpende voorziening (links) en met een geluidscherm van 5 meter hoog langs de werkzaamheden bij Amelisweerd (rechts)



Analyse beoordeling

Uit het nader onderzoek van Sweco (Sweco, november 2020) naar de effecten van de bouwmethode verdiepte ligging A27/ A12 Ring Utrecht op beschermde natuurwaarden zijn de volgende conclusies te trekken:

- 1 Op basis van het onderzoek in 2019 kon voor een aantal soorten broedvogels verstoring door de bouwwerkzaamheden niet op voorhand worden uitgesloten. Het in 2020 uitgevoerde nader onderzoek wijst uit dat er, gezien het aantal territoria dat verstoord zou kunnen worden, geen sprake is van een wezenlijke invloed op de landelijke en provinciale Staat van Instandhouding. Binnen de begrenzing van het onderzoeksgebied en in de directe omgeving daarvan zijn er voldoende uitwijkmogelijkheden voor deze broedvogels. Bovendien zullen de effecten van verstoring beperkt zijn omdat het gaat om een tijdelijke verstoring die per locatie, c.q. per territorium, maximaal één broedseizoen zal beslaan.
- 2 De locatie van de kraamkolonie van de gewone grootoorvleermuis is vastgesteld binnen de toename van de geluidscintour van 1 – 2 dB. Een dergelijke toename in geluid zal niet leiden tot verstoring van deze soort, aangezien die slechts beperkt gevoelig is voor verstoring door geluid;
- 3 Een wezenlijke invloed op de Staat van Instandhouding van soorten van de Rode en Oranje Lijst ten gevolge van de bouwwerkzaamheden kan worden uitgesloten voor broedvogels, grondgebonden zoogdieren, vleermuizen en ongewervelden.
- 4 De toekomstig aannemer zal voorafgaand aan de start van de uitvoeringswerkzaamheden een actualisatie van het onderzoek naar beschermde soorten uitvoeren. Onderdelen van dat onderzoek zijn in elk geval:
 - a. Aanvullend onderzoek door de toekomstig aannemer zal moeten uitwijzen of de grote modderkruiper daadwerkelijk binnen het onderzoeksgebied aanwezig is. Indien de grote modderkruiper voorkomt op locaties waar nachtelijke verstoring door verlichting niet kan worden uitgesloten, zullen mitigerende maatregelen worden genomen om de verstoring te voorkomen of zoveel mogelijk te beperken (overige effecten van geluid of trillingen kunnen worden uitgesloten). Wanneer ook met het nemen van mitigerende maatregelen een wezenlijke invloed op de SvI door verstoring door verlichting niet kan worden uitgesloten, zal een ontheffing van de Wet natuurbescherming bij het bevoegd gezag moeten worden aangevraagd. De ontheffing is in beginsel verleenbaar aangezien het project voldoet aan de wettelijke belangen uit de Habitatrictlijn en Vogelrichtlijn, en de gunstige staat van instandhouding van de soort niet in het geding komt. Wel zal de aannemer moeten aantonen dat er geen andere bevredigende oplossing mogelijk is. Als er een werkwijze of uitvoeringsperiode is waarbij effecten op deze soort voorkomen kunnen worden, dient hij daarvoor te kiezen. Indien nadere maatregelen benodigd zijn, zullen deze onderdeel uitmaken van de ontheffingsvoorwaarden.
 - b. Voor de ringslang zal aanvullend onderzoek door de toekomstig aannemer moeten uitwijzen of verstoring van winterrustplaatsen aan de orde is. Indien uit aanvullend onderzoek blijkt dat winterrustplaatsen nabij de bouwwerkzaamheden aanwezig zijn, zullen mitigerende maatregelen voor de ringslang getroffen moeten worden omdat een wezenlijke invloed op de SvI door verstoring van winterverblijfplaatsen dan niet kan worden uitgesloten. Aangezien volledige mitigatie naar verwachting niet mogelijk is, zal een ontheffing van de Wet natuurbescherming bij het bevoegd gezag moeten worden aangevraagd. De ontheffing is in beginsel verleenbaar aangezien het project voldoet aan de wettelijke belangen uit de

Habitatrichtlijn en Vogelrichtlijn, en de gunstige staat van instandhouding van de soort niet in het geding komt. Wel zal de toekomstige aannemer moeten aantonen dat er geen andere bevredigende oplossing mogelijk is. Als er een werkwijze of uitvoeringsperiode is waarbij effecten op deze soort voorkomen kunnen worden, dient hij daarvoor te kiezen. Indien nadere maatregelen benodigd zijn, zullen deze onderdeel uitmaken van de ontheffingsvoorwaarden.

- 5 Significante aantasting van de wezenlijke kenmerken en waarden van het NNN kan worden uitgesloten voor wat betreft het voorkomen van kwalificerende fauna.

De resultaten van het onderzoek zijn samengevat in tabel 8.19. In de tabel is voor iedere soort aangegeven of:

- de soort gevoelig is voor verstoring door geluid of visuele verstoring;
- de soort op de Rode of Oranje Lijst staat;
- de soort binnen het onderzoeksgebied voorkomt als een kwalificerende soort voor het NNN;
- het een provinciale aandachtsoort betreft.

Ook is aangegeven of:

- een wezenlijke invloed op de Svl door verstoring kan worden uitgesloten zonder toepassing van mitigerende maatregelen;
- uitwijkmogelijkheden in de directe omgeving van het onderzoeksgebied aanwezig zijn;
- toepassing van het geluidscherm bijdraagt aan een beperking van de verstoring ('positief effect'), dat dit geen effect heeft op de mate van verstoring ('geen effect'), of dat verstoring door geluid of licht niet aan de orde is ('n.v.t.').

Tabel 8.19 Samenvatting resultaten onderzoek.

- In groen zijn de soorten aangegeven waarvoor significante verstoring door de bouwwerkzaamheden, op basis van het onderzoek door Sweco in 2019, op voorhand kan worden uitgesloten,

- In oranje soorten waarvoor significante verstoring kan worden uitgesloten op basis van de beoordeling van het aantal territoria ten opzichte van de SvI en of er bovendien uitwijkmogelijkheden aanwezig zijn,

- In rood soorten waarvoor significante verstoring niet kan worden uitgesloten. 'Significante verstoring' betreft een wezenlijke invloed op de SvI of verstoring leidend tot een overtreding van de verbodsbepalingen van de Wet natuurbescherming.

soort	gevoelig voor		Rode/ Oranje Lijst	NN N	provinciale aandachtsoort	kan significante verstoring worden uitgesloten?		effect met geluidsscherm
	geluid	visueel				zonder mitigatie	uitwijk- mogelijkheid aanwezig	
<i>(a) broedvogels</i>								
appelvink	x	x		x		ja	n.v.t.	positief
blauwe reiger		x				ja	n.v.t.	n.v.t.
boerenzwaluw	x	x	x			ja	n.v.t.	n.v.t.
bonte vliegenvanger	x	x				ja	n.v.t.	positief
boomklever	x	x		x		ja	n.v.t.	positief
boomkruiper	x	x		x		ja	n.v.t.	positief
boomvalk		x	x			ja	n.v.t.	n.v.t.
bosuil	x	x				ja	n.v.t.	positief
braamsluiper	x	x				ja	ja	positief
buizerd		x				ja	n.v.t.	n.v.t.
Canadese gans		x				ja	n.v.t.	n.v.t.
ekster						ja	n.v.t.	n.v.t.
fazant		x				ja	n.v.t.	n.v.t.
fitis	x	x				ja	ja	positief
fuut		x				ja	n.v.t.	n.v.t.
gaai		x				ja	n.v.t.	positief
gierzwaluw	x	x			x	ja	n.v.t.	n.v.t.
glanskop	x	x				ja	ja	positief
goudvink	x	x				ja	n.v.t.	positief
grasmus	x	x				ja	n.v.t.	n.v.t.
grauwe vliegenvanger	x	x	x			ja	ja	positief
groene specht	x	x		x		ja	n.v.t.	positief
groenling	x	x				ja	n.v.t.	positief
grote bonte specht		x		x		ja	n.v.t.	positief
grote lijster	x	x	x			ja	ja	positief
havik		x				ja	n.v.t.	n.v.t.
heggenmus	x	x				ja	ja	positief
holenduif	x	x				ja	n.v.t.	positief
houtduif	x	x				ja	ja	positief
huismus	x	x	x			ja	n.v.t.	n.v.t.
huiszwaluw	x	x	x			ja	n.v.t.	n.v.t.
ijsvogel		x				ja	n.v.t.	n.v.t.
kauw		x				ja	n.v.t.	n.v.t.
kleine bonte specht		x		x		ja	n.v.t.	n.v.t.
knobbelzwaan						ja	n.v.t.	n.v.t.
koolmees	x	x				ja	n.v.t.	positief
kuifeend						ja	n.v.t.	n.v.t.
matkop	x	x	x			ja	ja	positief
meerkoet						ja	n.v.t.	n.v.t.

soort	gevoelig voor		Rode/ Oranje Lijst	NN N	provinciale aandachtsoort	kan significante verstoring worden uitgesloten?		effect met geluidsscherm
	geluid	visueel				zonder mitigatie	uitwijk- mogelijkheid aanwezig	
merel	x	x				ja	n.v.t.	positief
middelste bonte specht		x		x		ja	n.v.t.	n.v.t.
nijlgans						ja	n.v.t.	n.v.t.
pimpelmees	x	x				ja	n.v.t.	positief
ransuil	x	x	x			ja	n.v.t.	positief
roodborst	x	x				ja	n.v.t.	positief
scholekster		x	x			ja	n.v.t.	positief
sperwer		x	x			ja	n.v.t.	positief
spreeuw	x		x			ja	ja	positief
staartmees	x	x				ja	ja	positief
tijtjaf	x	x				ja	n.v.t.	positief
torenvalk		x	x			ja	n.v.t.	positief
tuinfluiter	x	x				ja	ja	positief
Turkse tortel	x	x				ja	n.v.t.	positief
vink	x	x				ja	n.v.t.	positief
waterhoen		x				ja	n.v.t.	n.v.t.
wielewaal	x	x	x	x		ja	ja	positief
wilde eend						ja	n.v.t.	n.v.t.
winterkoning	x	x				ja	n.v.t.	positief
witte kwikstaart	x	x				ja	ja	positief
zanglijster	x	x				ja	n.v.t.	positief
zwarte kraai		x				ja	n.v.t.	n.v.t.
zwartkop	x	x				ja	n.v.t.	positief
(b) grondgebonden zoogdieren								
bosmuis		x				ja		positief
bunzing		x	x			ja		positief
das		x				ja		positief
eekhoorn		x				ja		positief
egel		x				ja		positief
konijn		x	x			ja		n.v.t.
haas		x				ja		positief
hermelijn		x	x			ja		positief
ree		x				ja		positief
vos		x				ja		positief
steenmarter		x				ja		positief
boommarter		x	x			ja		positief
wezel		x	x			ja		positief
(c) vleermuizen								
baardvleermuis		x				ja		n.v.t.
gewone grootvleermuis		x				ja		positief
franjestaat		x			x	ja		n.v.t.
gewone dwergvleermuis						ja		n.v.t.
laativlieger			x			ja		n.v.t.
meervleermuis		x				ja		positief
rosse vleermuis			x			ja		n.v.t.
ruige dwergvleermuis						ja		n.v.t.
watervleermuis	x	x				ja		positief

soort	gevoelig voor		Rode/ Oranje Lijst	NN N	provinciale aandachtsoort	kan significante verstoring worden uitgesloten?		effect met geluidsscherm
	geluid	visueel				zonder mitigatie	uitwijk- mogelijkheid aanwezig	
<i>(d) amfibieën</i>								
bruine kikker	x	x				ja		positief
gewone pad	x	x				ja		positief
kleine watersalamander						ja		n.v.t.
<i>(e) vissen</i>								
grote modderkruiper*		x	x		x	nee		geen
<i>(f) reptielen</i>								
ringslang (winterrustplaats)*	x	x	x		x	nee		geen
<i>(g) ongewervelden</i>								
gevlekte witsnuitlibel			x		x	ja		n.v.t.

* Nader onderzoek zal uitwijzen of grote modderkruiper en winterverblijfplaatsen van ringslang aanwezig zijn en verstoring door nachtelijke verlichting c.q. verstoring van winterverblijfplaatsen aan de orde is. Dit onderzoek zal door toekomstig aannemer worden uitgevoerd.

8.7 Bodem

Binnen het invloedsgebied van de grondwaterstandsveranderingen zijn geen bodem- en grondwater verontreinigingen bekend. Derhalve heeft de bemaling met schermwand geen effect op verontreinigingen in de omgeving.

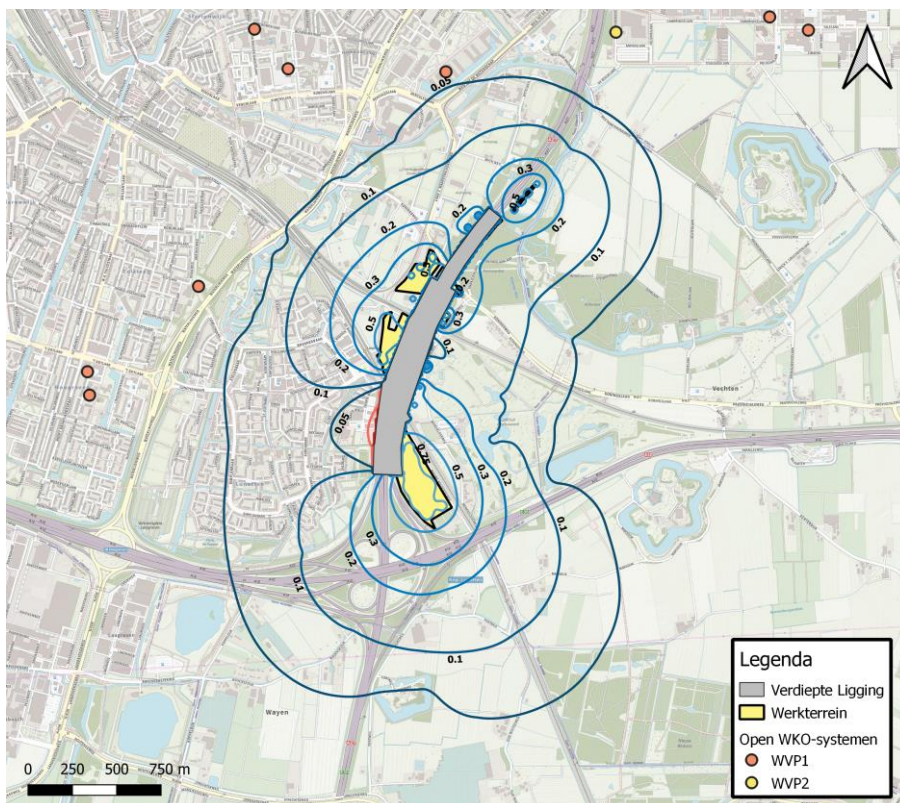
Bodemenergiesystemen

De locaties en diepteligging van de bodemenergie-systemen zijn gegeven in afbeelding 8.25 en afbeelding 8.26. Enkel de open bodemenergie-systemen (de warmte-koude opslagsystemen, ofwel de WKO's) zijn beschouwd, aangezien de gesloten systemen geen effecten van grondwaterstromingsveranderingen ondervinden. De WKO - systemen in het eerste watervoerend pakket liggen buiten het hydrologisch invloedsgebied (5 cm grondwaterstandsverandering) van de (retour)bemaling in de bouwfase.

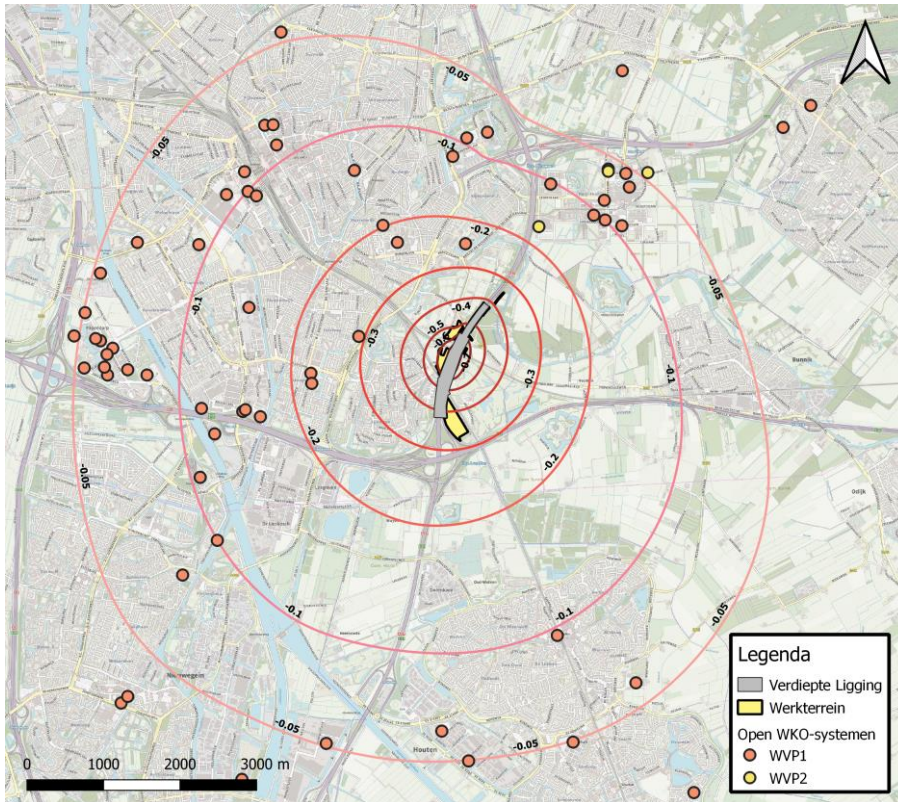
Ten noordoosten van de verdiepte ligging zijn een aantal WKO-systemen aanwezig in het tweede watervoerend pakket die binnen het hydrologisch invloedsgebied zijn gelegen. De stromingsrichting van het grondwater in het tweede watervoerend pakket is t.p.v. deze WKO's in de referentiesituatie van noordoost naar zuidwest (afbeelding 6.12). De grondwaterstromingssnelheid bedraagt circa 10 meter per jaar. De bouwfase met retourbemaling zorgen voor een toename van de grondwatersnelheid met circa 0,5 tot 1 meter per jaar. Deze toename heeft geen significant effect op het functioneren van de WKO's.

Zowel de WKO-systemen in het eerste als in het tweede watervoerend pakket ondervinden geen significantie effecten in de bouwfase.

Afbeelding 8.25 Locaties WKO-systemen ten opzichte van stijghoogteveranderingen eerste watervoerend pakket in de bouwfase



Afbeelding 8.26 Locaties WKO-systemen ten opzichte van stijghoogteveranderingen tweede watervoerend pakket in de bouwfase



Beoordeling

Voor de (nadere) uitwerking van het grondwatereffect op de WKO-systemen naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 8.20.

Tabel 8.20 Beoordeling bodemenergiesystemen (WKO)

Criterium aspect bodem	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
Beïnvloeding WKO-systemen	Afname van de stromingssnelheid in het watervoerend pakket > 2,5 meter per jaar	Afname van de stromingssnelheid in het watervoerend pakket tussen de 1,0 en 2,5 meter per jaar	Verandering van de stromingssnelheid in het watervoerend pakket < 1,0 meter per jaar	Toename van de stromingssnelheid in het watervoerend pakket tussen de 1,0 en 2,5 meter per jaar	Toename van de stromingssnelheid in het watervoerend pakket > 2,5 meter per jaar

In bouwfase is er voor het criterium bodem(energiesystemen), specifiek in relatie tot de schermwand, weinig tot geen effect. Het oordeel op dit criterium is daarom neutraal.

8.8 Ruimte en ruimtelijke kwaliteit

Onder het criterium ruimte en ruimtegebruik in de bouwfase gaat het om:

- ruimtegebruik voor het maken van de schermwand, zie paragraaf 8.8.1;
- ruimtegebruik voor het verleggen van kabels en leidingen, zie paragraaf 8.8.2.

8.8.1 Ruimtegebruik bij maken schermwand

De bouw van de schermwand kan binnen de reeds beschikbare terreinen plaatsvinden. Op twee locaties is een beperkte aanpassing van de TB-grens nodig om de wand te kunnen accommoderen. Beide liggen op terrein van ProRail. Een bij de Knapschinkel Oost (Spoorlijn Utrecht – Den Bosch) en een bij Mereveld West (Spoorlijn Utrecht - Arnhem). Na aanpassing van de TB-grens kan de wand binnen deze grens gebouwd worden.

Het bouwen van de schermwand met de freesmachine geschiedt vanaf de A27/A12 binnen de TB-grens. Het benodigde materiaal voor de schermwand wordt aangevoerd via de reeds geplande werkterreinen. Het maken van de schermwand en de voorbereiding op het werkterrein vraagt dus geen extra ruimtegebruik. De schermwand zelf ligt volledig binnen de TB-grens. Dus de ligging schermwand vraagt geen extra ruimtegebruik.

8.8.2 Kabels en leidingen

De toepassing van een schermwand ten behoeve van de realisatie van de verbreding bij de verdiepte ligging heeft direct gevolgen voor de aanwezige kabels en leidingen (Derden). Waar normaliter conflicten met kabels en leidingen (Derden) worden opgelost door aanpassing van de betreffende kabel of leiding (Derden) ter plaatse van de probleemlocatie (middels open ontgraving, persen, boren of zinkeren) zijn de mogelijkheden in dit geval zeer beperkt ten gevolge van de diepte van de schermwand en de omvang van de (gesloten) bouwkuip die hiermee wordt gerealiseerd.

De ligging van de schermwand levert een conflict op met gas, elektra, water, riool, telecom en ov. Met de relevante kabel- en leidingbeheerders heeft afstemming plaatsgevonden waarbij het uitgangspunt is gehanteerd dat alle kruisende (t.o.v. de A27) verbindingen binnen de bouwkuip komen te vervallen (het gaat hierbij o.a. om middenspanning, water en telecom) danwel verbindingen gedurende het werk (tijdelijk) worden aangepast (bijvoorbeeld riool en ov). Uitzondering hierop is de locatie Koningsweg waar de kruisende verbindingen via het toekomstige dek kunnen worden verlegd. Het uitgangspunt bij langsliggende kabels en leidingen is dat deze buiten de contouren (incl. werkruimte) van de schermwand worden verlegd.

Bovenstaande afstemming heeft geresulteerd in een akkoord met de kabel- en leidingbeheerders dat alle conflicterende kruisende kabels en leidingen komen te vervallen, uitgezonderd een KPN verbinding ten noorden van knooppunt Lunetten. Hiervoor moet in overleg met de kabel- en leidingbeheerders nog een oplossing voor worden gevonden. Daarnaast dient nog in een later stadium ingezoomd te worden op de uitvoering van de schermwand in relatie tot de achtergebleven 'vervallen' loze kruisingen (mantelbuizen). Naar verwachting kunne deze dan worden verwijderd.

Beoordeling

In bouwfase is er voor het criterium ruimte en ruimtelijke kwaliteit, specifiek in relatie tot de schermwand, weinig tot geen effect. Het oordeel op dit criterium is daarom neutraal.

8.9 Landschap en cultuurhistorie

In deze paragraaf wordt beschreven welk effect de bouwfase met diep schermwand heeft op het landschap en cultuurhistorie.

De schermwand wordt met behulp van een grote kraan en freesmachines in de grond aangebracht. Er wordt 24/7 gewerkt, per week kan gerekend worden op een doorlooptijd van 15 strekkende meter per machine. De freesmachines zijn dus continue in beweging. De eerste meters van de wand wordt met een knijper ontgraven en ter plaatse in een vrachtwagen geladen, het restant van de diepte van een paneel wordt gefreesd en per pijplijn (met een diameter van circa 0,2 meter en er zijn er 2 of 4 nodig afhankelijk van het

aantal freesmachines) afgevoerd naar een scheidingsinstallatie op de werkterreinen. De vrijkomende grond wordt overdag vanaf de werkterreinen per as afgevoerd.

Om overschrijding van de grenswaarden voor geluid bij gebouwen te voorkomen zijn afscherpende voorzieningen ingezet. Dit kan een rij met gestapelde zeecontainers zijn (bij de machines en/of het werkterrein) en/of een mobiel scherm bij de freesmachines met een breedte van 12 meter en een hoogte tot 9 meter. Bij Amelisweerd is de geluidswerende voorziening 5 meter hoog.

Door de freesmachines met de geluidsafschermende voorzieningen wordt tijdelijk de openheid en zichtlijnen belemmerd. Voor de vertaling van de effectanalyse naar de +/- beoordeling is de schaal gehanteerd zoals opgenomen in tabel 8.21.

Tabel 8.21 Beoordeling landschap en cultuurhistorie

Criterium aspect landschap	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
Landschap - openheid en zichtlijnen	Sterke verbetering	Matige verbetering	Kleine of geen verandering	Matige verslechtering	Sterke verslechtering

In de bouwfase zijn er voor dit milieuaspect landschap, specifiek in relatie tot de schermwand, kleine veranderingen op landschap te verwachten. Het oordeel op het criterium landschap (openheid en zichtlijnen) is daarom neutraal.

8.10 Archeologische waarden

In de bouwfase wordt de schermwand aangelegd en wordt vervolgens een (retour)bemaling uitgevoerd voor de realisatie van de wegverbreding. De effecten die hierbij kunnen optreden is een verstoring van de bodem (door aanleg schermwand) en een tijdelijke grondwaterstandsverandering (door de retourbemaling). De eventuele risico's voor het archeologisch bodemarchief van de nieuwe bouwmethode, door middel van schermwanden is in beeld gebracht door Vestigia (Vestigia, september 2018) (Vestigia, juni 2018). De berekende grondwatereffecten in de bouwfase zijn reeds gepresenteerd in afbeelding 8.8 en 8.9. In deze paragraaf worden de effecten op de archeologische (verwachtings)waarden beschreven als gevolg van:

- verstoring van de ondergrond (graven schermwand);
- tijdelijke verandering van de grondwaterstand.

Deze effecten zijn eveneens in beeld gebracht door Vestigia (mei 2020).

Effect bodemversturende werkzaamheden door aanleg schermwand

Er vinden geen grootschalige bodemversturende werkzaamheden ten behoeve van het aanleggen van een diepwand buiten de oorspronkelijke TB-grens van 2016 plaats. Hoewel er twee kleine gebieden buiten het TB 2016 liggen waar de schermwand voorzien is, blijkt voor deze gebieden het risico op verstoring van archeologische vindplaatsen minimaal (zie hieronder), en zijn aanvullende maatregelen/onderzoek niet noodzakelijk.

De twee kleine gebieden buiten het TB 2016 waar de schermwand voorzien is, vormen geen aanvullend risico: dit betreft bestaande spoorbanen. Dit was ook in 2018 onderschreven in eerdere onderzoek (Vestigia, september 2018). De verwachting is dat hier de ondergrond geheel verstoord is bij de aanleg van het spoor. Het risico voor deze gebieden is daarom minimaal. Archeologisch vooronderzoek op deze plekken is daarnaast (veiligheids)technisch helaas niet uitvoerbaar. Deze twee kleine gebieden zullen in het nieuwe Tracébesluit (2020) worden opgenomen.

Leidingen die in het kader van de aanleg van de schermwand worden aangelegd worden niet ingegraven en vormen daarom geen risico voor archeologische waarden.

Vindplaats 12 uit het archeologisch vooronderzoek bevindt zich nabij de bakconstructie. Vindplaats 12 valt echter buiten de contour van de schermwand en de werkzaamheden daaraan, waardoor er hier geen sprake is van extra of nieuw risico voor de archeologische waarden. Ter hoogte van deze vindplaats is de ondergrond binnen het TB bovendien destijds al vergraven bij de aanleg van de bakconstructie zelf; eventuele -niet vastgestelde - uitlopers van vindplaats 12 zullen dus sowieso al verstoord zijn. Wel dient in algemene zin met de aanwezigheid van vindplaats 12 rekening te worden gehouden bij (voorbereidende) werkzaamheden, zoals bij aan- en afvoer van materieel; bij de inrichting van een werkplaats, of gronddepot en mag hier geen verstoring van de bovengrond plaatsvinden. Dit wordt als eis opgenomen in het Bestek van de aannemer. Dit geldt niet voor vindplaats 5. Deze is inmiddels onderzocht, en als niet-behoudenswaardig aangemerkt. Rondom vindplaats 12 (gelegen binnen het TB 2016) zal geen werkterrein worden ingericht.

Werkterreinen vormen een potentieel risico voor archeologische waarden, door verstoringen van de bovengrond bij (voorbereidende) werkzaamheden als inrichting van een werkplaats en bij insporing door het gebruik van zware machines. Vanwege dit risico zijn alle geplande werkterreinen opgenomen in het TB 2016. Deze werkterreinen zijn dus eerder onderzocht op mogelijk archeologische waarden. In de nadere uitwerking van de realisatie bleek er echter behoefte aan aanvullend werkterrein in de nabijheid van de folie onder de A27. Dit terrein is gevonden tussen de Mereveldseweg, de A27 en de spoorlijn Utrecht- 's Hertogenbosch. Na afronding van de werkzaamheden wordt dit terrein ingericht voor boscompensatie. Dit gebied is niet eerder onderzocht. Volgens de archeologische beleidskaart van de gemeente Utrecht geldt voor dit gebied een Archeologische Verwachting; er geldt daardoor een vergunningplicht bij gravende werkzaamheden die een gebied beslaan dat groter is dan 1.000 m². Voor dit gebied wordt, net als eerder in de aangrenzende gebieden met dezelfde archeologische verwachting, het AMZ-proces verder doorlopen. In eerste instantie door het uitvoeren van inventariserend veldonderzoek door middel van verkennende boringen, eventueel aansluitend gevolgd door inventariserend veldonderzoek door middel van karterende boringen. Het doorlopen van het AMZ-proces wordt uitgevoerd in aanloop naar de start van de aanbesteding.

Voor de retourbemaling zijn onttrekkings- en retourputten nodig. De bemalingsputten zijn gepland aan de binnenzijde van de schermwandconstructie, en retourputten aan de buitenzijde (binnen de TB-grens en op werkterreinen). Gezien de beperkte diameter (0,3 m) van een relatief beperkt aantal putten (circa 38 putten) is hier geen sprake van een substantiële verstoring van de ondergrond. Deze putten vormen daarom geen risico voor bekende archeologische waarden, en voor archeologische verwachtingswaarden.

Effect grondwaterstandsverandering op bekende vindplaatsen (en specifiek voor vindplaats 12)

Als gevolg van de retourbemaling met schermwand treden er in de omgeving voornamelijk grondwaterstijgingen op (maximaal 0,75 m). Een stijging van de grondwaterstand heeft, zoals hierboven genoemd, in zijn algemeenheid geen bewezen negatief effect op de conserveringstoestand van archeologische resten. Voor een klein gebied aan de zuidoostzijde van de bakconstructie zal een tijdelijke grondwaterstandsverlaging plaatsvinden. Verlaging van de grondwaterstand kan een negatief effect hebben op de conserveringstoestand van archeologische resten, in lagen die tot dat moment onder grondwater waren gelegen. Een verlaging treedt echter nauwelijks op; de maximale daling is 0,1 m over zeer een klein gebied. Zowel de tijdelijke verlaging als de verhoging van de grondwaterstand vallen binnen de jaarlijkse (van gemiddeld 0,5-0,7 m) en historische grondwaterfluctuaties.

Effect grondwaterstandsverandering op niet opgespoorde archeologie (archeologische verwachtingen)

Ook voor wat betreft deze nog niet opgespoorde archeologie (zie afbeelding 7.11) geldt een beperkt risico. De grondwaterverlaging is zeer plaatselijk. Gebieden met een hoge verwachting bevinden zich buiten de gebieden waar een daling van de grondwaterstand wordt verwacht. Ook hiervoor geldt dat zowel de tijdelijke verlaging als de verhoging van de grondwaterstand vallen binnen de jaarlijkse (van gemiddeld 0,5-0,7 m) en historische grondwaterfluctuaties.

Beoordeling

Uit de analyse door Vestigia (2020) blijkt dat de risico's voor de archeologie bij de aanleg van de schermwand beperkt zijn, en geen aanleiding vormen tot vervolgonderzoek in het kader van de AMZ-cyclus. Hoewel de schermwandconstructie tijdelijke grondwaterfluctuaties zal veroorzaken, vallen deze binnen de jaarlijkse (gemiddeld 0,5-0,7 m) en historische grondwaterfluctuaties in deze omgeving. Er zijn buiten het reeds onderzochte TB-gebied geen grootschalige grondroerende of ondergrondverstorende werkzaamheden gepland.

Ter plaatse van het werkterrein (tussen de Mereveldseweg, de A27 en de spoorlijn Utrecht- 's Hertogenbosch) kunnen mogelijk effecten op verwachte waarden optreden. Het werkterrein is groter dan 1 hectare en kent in zijn geheel een archeologische verwachting. Dat betekent dat daar archeologisch onderzoek moet worden uitgevoerd. Vanwege de vergunningsplicht wordt de AMZ-cyclus voor dit terrein doorlopen. Zo nodig worden passende mitigerende maatregelen genomen om negatieve effecten te voorkomen.

In de bouwfase zijn er voor dit milieuaspect archeologie, specifiek in relatie tot de schermwand, mogelijk effecten te verwachten. Het oordeel op het criterium archeologie (> 1 ha doorsnijding) is daarom zeer negatief. Met mitigerende maatregelen op het werkterrein tussen de Mereveldseweg, de A27 en de spoorlijn Utrecht- 's Hertogenbosch) wordt het oordeel neutraal.

8.11 Duurzaamheid

Voor het maken van een robuuste schermwand zijn de grondstoffen bentoniet/cement of beton nodig met bijbehorende CO₂-emissie. De gevolgen voor het klimaat voor het gebruik van deze grondstoffen en emissie is beschreven in deze paragraaf. Opgemerkt wordt in de aanbestedingsfase (via contracteisen) voor het ontwerp maar ook de aanlegfase en beheerfase aandacht wordt gegeven aan duurzaamheid. Daarvoor zijn diverse instrumenten beschikbaar (Circulaire ontwerpprincipes in MIRT, Omgevingswijzer, Duurzaam GWW, Ambitieweb). De aannemer wordt uitgedaagd om te komen met innovatieve duurzame ontwerp oplossingen in zijn totaliteit van het project.

In de grond-, weg- en waterbouw (GWW) wordt vaak een inschatting gemaakt van de milieu-impact van projecten door middel van de Milieu Kosten Indicator (MKI). Deze waarde, waarin 11 milieueffecten zijn opgenomen¹, wordt bepaald door de gehele levenscyclus van toegepaste materialen te beschouwen, van grondstofwinning tot einde levensduur. In de MKI is voor dit onderzoek met name het milieueffect klimaatverandering van belang. Dit wordt uitgedrukt in kilogram CO₂-equivalent, en omvat de uitstoot van alle broeikasgassen. Om grondstoffengebruik te beschouwen is de uitputting van primaire grondstoffen een goede parameter. Primaire grondstoffen zijn materialen die uit de natuur worden gewonnen om toegepast te worden als grondstof of bouw materiaal. Op basis van de type materialen die worden toegepast is de fractie primair materiaal te bepalen, en vervolgens een inschatting van de totale massa primair materiaalgebruik.

8.11.1 Berekening CO₂ uitstoot

Het opstellen van de CO₂-berekening vindt plaats door de CO₂-uitstoot per materiaalstroom, en vervolgens per werkzaamheid of object te bepalen. Het bepalen van de CO₂-uitstoot is gedaan met behulp van de software DuboCalc, het rekeninstrument van Rijkswaterstaat voor het bepalen van milieu-impact van GWW-projecten. Daarin wordt gebruik gemaakt van kengetallen uit de Nationale Milieudatabase (NMD). De berekening is uitgevoerd conform de Bepalingsmethode Milieuprestaties Gebouwen en GWW-werken, een uitwerking van de Europese norm EN 15804.

¹ De milieueffecten die onderdeel zijn van de MKI zijn opgenomen in de Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken versie 3.0 d.d. januari 2019. Deze methode is een Nederlandse uitwerking van de Europese norm EN 15804.

Uitgangspunten

Binnen de scope van de berekening van de schermwand vallen alle werkzaamheden ten behoeve van de schermwand:

- cement-bentonietwanden incl. hulpstoffen;
- cement-bentonietwanden met afgehangen damwand incl. hulpstoffen;
- gewapende diepwanden;
- ongewapende diepwanden;
- betonelementen;
- putten, pompen en leidingen.

Bij het opstellen van de berekening zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- voor de onderhoudsperiode is een periode van 50 jaar aangehouden. Dat houdt in dat vervangingen van materialen met een kortere levensduur dan 50 jaar ook zijn meegenomen in de berekening;
- de volledige levenscyclus van materialen is meegenomen in de scope van de berekening, te weten:
 - productiefase;
 - transport;
 - aanlegfase;
 - onderhoud;
 - einde levensduur;
- cement-bentonietwanden zijn niet beschikbaar in DuboCalc. Om deze CB-wanden te berekenen is een combinatie van cement, klei en water als benadering gekozen. Als uitgangspunt is 250 kg cement, 50 kg bentoniet en 900 liter water per m³ wand genomen;
- tijdens het bouwproces van cement-bentonietwanden wordt een bentonietsuspensie als hulpstof gebruikt, om de gegraven sleuven open te houden. Als uitgangspunt is hiervoor 0,5 m³ bentonietsuspensie per m³ wand aangehouden. De bentonietsuspensie bestaat uit 40 kg bentoniet per m³ water. Per m³ wand wordt er dus 20 kg bentoniet en 480 liter water als hulpstof toegepast. Hoewel het gebruikte water waarschijnlijk kan worden teruggewonnen en de bentoniet kan worden hergebruikt als grond elders in het project, is hier uitgegaan van eenmalig gebruik, omdat onzeker is waar hergebruik zou plaatsvinden in het project (dus ook welk grondstoffenverbruik daarmee vermeden zou worden);
- de berekening is opgesteld op basis van de reeds beschikbare informatie. De nauwkeurigheid van de berekening sluit daarmee aan op de nauwkeurigheid van de aanwezige informatie en stadia van ontwerpen.

Berekeningsresultaat

In tabel 8.22 en tabel 8.23 zijn de resultaten van de CO₂-berekening voor de schermwand weergegeven. Uit deze tabellen volgt dat als gevolg van de schermwand circa 36.584 minus 13.095 = 23.489 ton CO₂ netto aan extra uitstoot wordt berekend.

Tabel 8.22 CO₂-uitstoot per onderdeel in de schermwand (bouwmethode bemaling met schermwand)

Onderdeel	CO ₂ -uitstoot (ton)	Aandeel in totaal schermwand
cement-bentonietwand (folie), incl. suspensie	7.439	20 %
cement-bentonietwand (u-bak), incl. suspensie	341	1 %
cement-bentonietwand met afgehangen damwand (u-bak), incl. suspensie	2.105	6 %
diepwand ongewapend (folie)	2.260	6 %
diepwand gewapend (u-bak)	20.434	56 %
betonelementen	1.022	3 %
putten, pompen en leidingen	2.983	8 %
totaal	36.584	100 %

Tabel 8.23 Vermeden CO₂-uitstoot door toepassing van de schermwand

Onderdeel	CO ₂ -uitstoot (ton)	Aandeel in totaal vermeden CO ₂ -uitstoot
bemaling	-5.766	44 %
onderwaterbetonvloer	-5.617	43 %
diepwanden	-1.712	13 %
totaal	-13.095	100 %

Om daarnaast inzicht te geven in de verhouding van de uitstoot door de schermwand ten opzichte van het gehele project A27/A12 Ring Utrecht Zuid, is ook voor het totale project de CO₂ uitstoot berekend. Uit de berekening met DuboCalc volgt voor het gehele project A27/A12 Ring Utrecht Zuid (exclusief schermwand) een totale uitstoot van circa 177.000 ton CO₂

8.11.2 Berekening grondstoffengebruik

Om een inschatting te maken van primair grondstoffengebruik in de verdiepte ligging met en zonder schermwand is per toegepast materiaal gekeken naar de totale massa, en naar het massapercentage primair materiaal. In tabel 8.24 en tabel 8.25 zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven.

Voor de cement-bentonietwanden zijn de hoeveelheden materiaal uitgesplitst naar cement, bentoniet en water. Per m³ wand is ca. 250 kg cement, 50 kg bentoniet en 900 liter water nodig. Tijdens het bouwproces wordt daarnaast een bentonietsuspensie gebruikt als hulpstof, met 20 kg bentoniet en 480 liter water per m³ wand. Voor de totale schermwand van 236.000 m³ (3,6 km) en suspensie wordt daardoor ca. 456.895 ton materiaal (inclusief water, exclusief vrijkomende grond) toegepast.

Tabel 8.24 Inschatting primair grondstoffengebruik door schermwand

Materiaal	Hoeveelheid	Totale massa (ton)	% primair materiaal	Totaal primair materiaal (ton)
Betonmortel C30/37 (CEMIII)	67.018 m ³	160.844	79 %	126.262
Cement (CEMIII)	34.563 m ³	43.204	70 %	30.243
Bentoniet (wand en suspensie)	11.714 ton	11.714	100 %	11.714
Grond (vrijkomend) ¹	236.045 m ³	424.881	0 %	-
Stalen damwand	5.250 ton	5.250	90 %	4.725
Betonstaal	5.458 ton	5.458	30 %	1.637
Betonmortel C20/25 (CEMIII)	196 m ³	469	79 %	368
PE-buis middel	5.400 m	49	100 %	49
Water ² (wand en suspensie)	229.291 m ³	229.291	0 %	-
Diesel	630.720 liter	530	100 %	530

¹ Vrijkomende grond wordt hier niet als primaire grondstof gezien, omdat het materiaal niet wordt gewonnen ten behoeve van de werkzaamheden, en omdat het direct elders kan worden toegepast (verplaatst).

² Water is weliswaar een primaire grondstof, maar omdat deze grondstof volledig hernieuwbaar is, is water hier niet als primaire grondstof meegenomen.

Materiaal	Hoeveelheid	Totale massa (ton)	% primair materiaal	Totaal primair materiaal (ton)
Inspectieput prefab beton 1000x1000mm	32 stuks	86	80 %	69
Totaal		881.776		175.597

Tabel 8.25 Inschatting vermeden primair grondstoffengebruik door toepassing van de schermwand

Materiaal	Hoeveelheid	Totale massa (ton)	% primair materiaal	Totaal primair materiaal (ton)
Betonmortel C30/37 (CEMIII)	-4.189 m3	-10.054	79 %	-7.892
Betonstaal	-566 ton	-566	30 %	-170
Onderwaterbeton C30/37	-18.239 m3	-43.774	87 %	-37.937
Diesel	-1.344.000 liter	-1.129	100 %	-1.129
Totaal		-55.522		-47.128

Uit tabel 8.24 en tabel 8.25 volgt dat voor de schermwand nette circa $175.597 - 47.128 = 128.469$ ton aan primaire grondstoffen nodig is.

8.11.3 Effectbeoordeling

Om het effect van de schermwand op de uitstoot van broeikasgassen en grondstoffengebruik te beoordelen is een beoordelingskader opgesteld in tabel 8.26, zie ook hoofdstuk 5.

Tabel 8.26 Beoordelingskader duurzaamheid

Criterium aspect	Beoordeling (verklaring)				
	Zeer positief	Positief	Neutraal	Negatief	Zeer negatief
CO ₂ -emissie	Grote netto opname van CO ₂	Beperkte netto opname van CO ₂	Geen of vrijwel geen uitstoot	Beperkte uitstoot (kwalitatief)	Grote uitstoot (kwalitatief)
Gebruik grondstoffen	n.v.t.	n.v.t.	Geen of vrijwel geen primair grondstoffengebruik	Beperkt primair grondstoffengebruik (kwalitatief)	Groot primair grondstoffengebruik (kwalitatief)

De extra CO₂-uitstoot van de schermwand bedraagt ca. 23.489 ton. Het primair grondstoffengebruik in de schermwand bedraagt ca. 128.469 ton. Op basis van de beoordelingscriteria scoort de schermwand op beide aspecten zeer negatief. Tijdens de aanbestedings- en realisatiefase zal er speciale aandacht worden besteed aan de kansen voor het aspect duurzaamheid (voor het gehele project), onder andere bij de toepassing van de gunningscriteria.

8.12 Totaaloverzicht effectbeoordeling bouwfase

In tabel 8.27 is een overzicht weergegeven van alle effectbeoordelingen in de bouwfase.

Tabel 8.27 Effectbeoordeling bouwfase schermwand

Milieuaspect / criteria	Score	
	voor mitigatie	na mitigatie
(Bouw)verkeer / doorstroming	-	-
Geluid / geluidsbelasting omgeving	-	0
Luchtkwaliteit / jaargemiddelde concentratie NO ₂ , PM ₁₀ en PM _{2,5}	0	0
Water		nvt
Grondwaterkwantiteit:		
- grondwatereffect	0	0
- zettingen	0	0
- ontwatering	0	0
- landbouw	0	0
Grondwaterbeschermingsgebieden	0	0
Waterhuishouding / doorsnijding	0	0
Natuur		nvt
Beschermd gebied	-	0
Bos en stedelijk groen (bos Amelisweerd, Lunetten incl. park De Koppel)	-	0
Beschermd Fauna	0*	0*
Bodem		nvt
Beïnvloeding bodemkwaliteit	0	nvt
Beïnvloeding WKO-systemen	0	nvt
Ruimtelijke kwaliteit / ruimtebeslag	0	nvt
Landschap en cultuurhistorie / verandering openheid en zichtlijnen	0	nvt
Archeologie / beïnvloeding archeologische verwachtingswaarden	--	0
Duurzaamheid	--**	--**

* Nader onderzoek zal uitwijzen of voor ringslang en grote modderkruiper sprake is van significante verstoring. Dit onderzoek zal door toekomstig aannemer worden uitgevoerd.

** Tijdens de aanbestedings- en realisatiefase zal er speciale aandacht worden besteed aan de kansen voor het aspect duurzaamheid (voor het gehele project), onder andere bij de toepassing van de gunningscriteria.

9

OPTIMALISATIE VAN DE BOUWMETHODE BEMALING MET SCHERMWAND

Op basis van de resultaten van de effectbeschrijving van de bouwmethode met schermwand kunnen maatregelen worden genomen om de milieueffecten te reduceren of zelfs te voorkomen. Voor het milieuaspect waar dat aan de orde is dit beschreven in dit hoofdstuk. Daarnaast zijn er uitvoeringsrisico's die beheerst moeten worden om ongewenste milieueffecten zo veel mogelijk te voorkomen. Deze uitvoeringsrisico's zijn samen met de beheersmaatregelen beschreven in dit hoofdstuk.

9.1 Maatregelen grondwater bouwfase

De bouwfase van de wegverbreding wordt uitgevoerd met een retourbemaling. Uit de effectanalyse blijkt dat de retourbemaling leidt tot stijging van de grondwaterstanden omdat al het onttrokken grondwater uit de polderconstructie wordt geretourneerd in het eerste watervoerende zandpakket. Echter het onttrokken grondwater is deels afkomstig via de schermwand uit het eerste watervoerend pakket en deels via kwel uit het tweede watervoerend pakket. In het eerste watervoerend pakket wordt dus meer geïnfiltrerd dan wordt onttrokken uit de polderconstructie.

Om de stijghoogte- en grondwaterstandsverandering op de gebiedsfuncties te laten aansluiten dient het retourneren te worden geoptimaliseerd door:

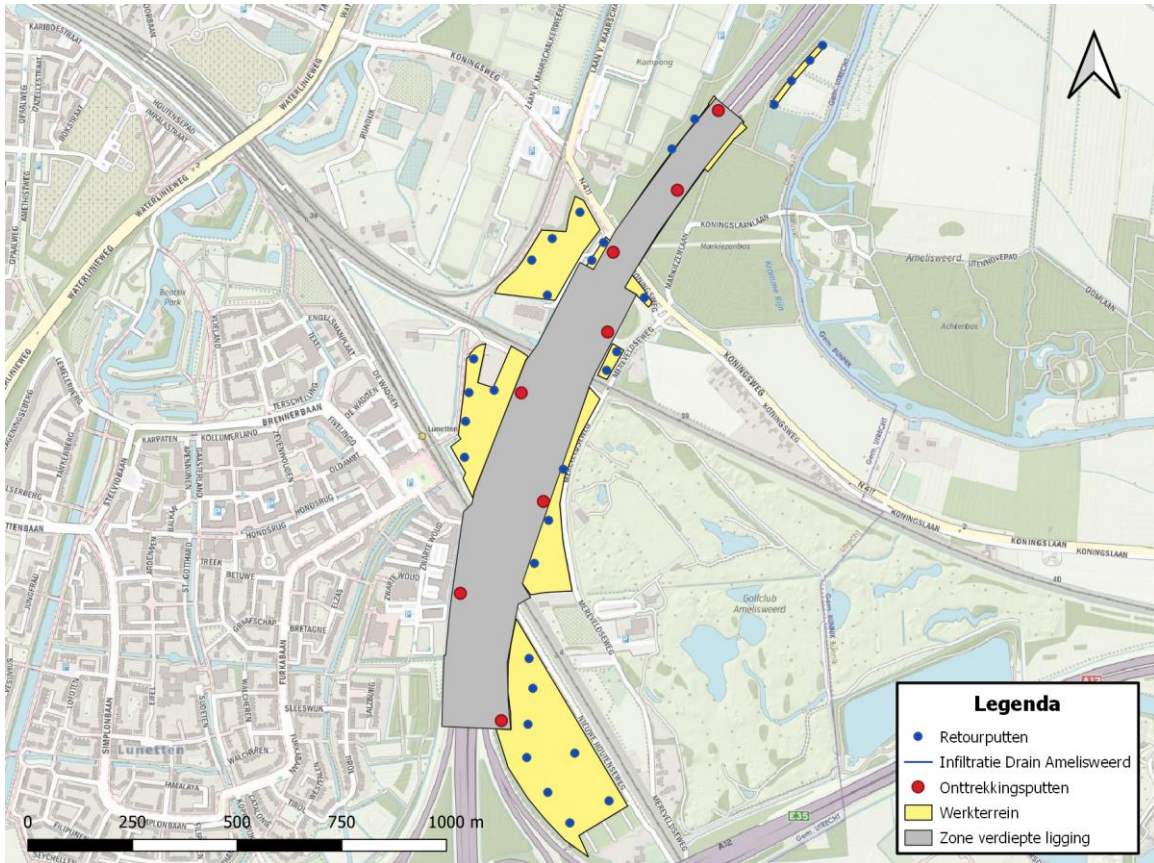
- overcapaciteit aan retourputten te installeren (ook uitwijk mogelijk eventueel (na overleg met HDSR) buiten de TB grens);
- bepaalde putten meer te laten retourneren en andere minder;
- ook retourputten in het tweede watervoerend pakket aan te brengen;
- ook kan de onttrekking gefaseerd worden uitgevoerd, waarbij de polderconstructie wordt opgedeeld in verschillende delen en na elkaar worden bemalen. Dit reduceert het onttrekkingsdebiet en daarmee het te retourneren debiet en daarmee de grondwatereffecten.

Optimalisatie retourbemaling aandachtsgebied Amelisweerd

Een optimalisatie kan eenvoudig worden uitgevoerd door middel van het 'Hand aan de kraan principe' (zie hoofdstuk 4). Hiermee is het mogelijk te sturen op een effect minder dan +/- 5 centimeter ter plaatse van Amelisweerd. Deze optimalisatie vereist aanvullende iteraties in de modellering, maar geven aan dat het 'Hand aan de kraan' mogelijkheden geeft op aangewezen locaties effecten uit te sluiten. Ter illustratie van dit principe is een voorbeeldberekening uitgevoerd. Het resultaat van deze berekening is weergegeven in afbeelding 9.2.

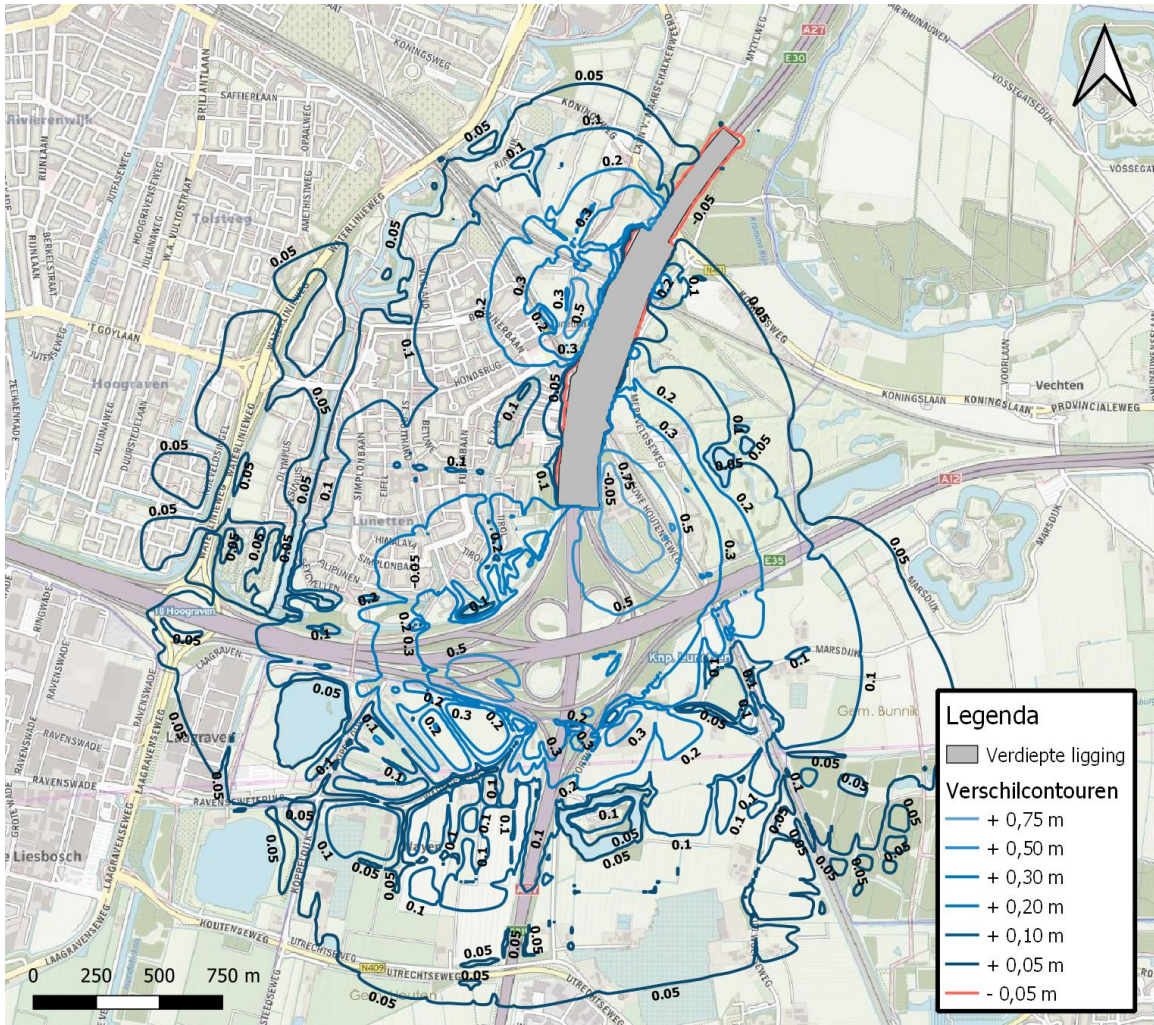
Voor het beperken van de grondwaterstandverhogingen bij Amelisweerd zijn modelmatig een aantal extra retourputten binnen het klaverblad van de snelweg geplaatst. Vervolgens is het te retourneren debiet anders verdeeld. Meer water naar het zuiden en minder water naar het noorden. Een overzicht van de retourputten is weergegeven in afbeelding 9.1. Alle locaties liggen binnen het Tracébesluit. Zoals blijkt uit de modelberekening is het grondwatereffect in Amelisweerd gemitigeerd tot minder dan 5 cm.

Abbeelding 9.1 Overzicht locaties retourbemaling voor focus optimalisatie reduceren grondwatereffecten Amelisweerd



Opgemerkt wordt dat als de verdeling van de retourdebieten anders wordt dit betekent dat ook de grondwaterstandsveranderingen anders worden. Bij deze beschreven optimalisatie is gestuurd op een effect van max 5 cm in Amelisweerd om te laten zien dat het 'Hand aan de kraan' principe werkt. Andere eventuele optimalisaties hebben nog niet plaatsgevonden, en zijn dus ook nog niet doorgerekend. Het optimalisatieproces is onderdeel van de ontwerpfase van het referentieontwerp en vervolgens bij de aanvraag van de watervergunning.

Afbeelding 9.2 Freatische grondwaterstandeffecten bij optimalisatie retourbemaling met de focus op Amelisweerd



9.2 'Drain' maatregel grondwater Amelisweerd eindfase

De grondwatereffecten in Amelisweerd ontstaan door een verhoging van de grondwaterstand (in de eindfase door opstuwung voor het scherm) en tijdens de bouwphase (door de retourbemaling). Als deze grondwatereffecten niet acceptabel zijn (dat moet blijken uit de monitoring) kan gekeken worden naar een maatregelen om de grondwaterstandsverandering te mitigeren. Ten behoeve van de gebruiksfase is een (goed onderhouden) drain als beheersmaatregel benodigd om de effecten op de natuur in Amelisweerd te mitigeren.

Daarnaast is deze beheersmaatregel een goede meekoppelkans voor het voeren van actief peilbeheer bij droge zomers en/of natte winters (zie ook hoofdstuk 4).

9.2.1 Drainage of infiltratie

De verandering van de grondwaterstand bij Amelisweerd kan gemitigeerd worden met behulp van een maatregel, waarbij water gedraineerd of geïnfilteerd wordt in het eerste watervoerende pakket. Immers de stijging (of daling) van de grondwaterstand als gevolg van de schermwand wordt veroorzaakt door een stijging (of daling) van de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket. Het compenseren van de grondwaterveranderingen in dit pakket geeft dus een grondwaterhuishouding vergelijkbaar met de situatie

zonder schermwand. Er zijn meerdere opties voor drainage en infiltratie van water in het eerste watervoerend pakket direct buiten de schermwand (vanaf circa 2 á 3 meter minus maaiveld):

- het gebruik maken van verticale putten;
- het toepassen van een horizontale drain met een diameter van circa 300 mm.

Er is slechts beperkte ruimte aanwezig voor het toepassen van een mitigerende maatregel bij Amelisweerd. Er is beschikking tot een strook grond met een breedte van een aantal meter naast de bak met verdiepte ligging van de A27. Het voordeel van de horizontale drain is, dat na het aanbrengen bovengronds de strook toegankelijk blijft, waar bij de verticale putten bovengrondse systemen aanwezig zijn. In het geval een verticale put uitvalt of problemen heeft (bv. verstopping bij infiltratie), is deze vermoedelijk lastig bereikbaar. Aan de Koningswegzijde is voldoende ruimte om een bassin te plaatsen voor de onttrekking of de aanvoer van water via de drain. Een ander voordeel van een horizontale drain is, dat het risico op verstopping bij infiltratie klein is omdat er belucht zuurstofrijk grondwater wordt geïnfiltreerd.

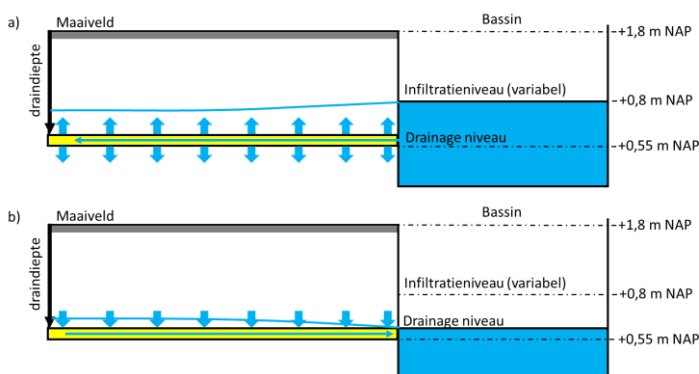
Als voor- en nadelen tegen elkaar afgewogen worden, is een horizontale drain als een duurzamere en praktisch aanvaardbaardere beheersmaatregel aan te merken. Het gebruik van een horizontale drain als mitigerende maatregel is daarom verder onderzocht in de volgende paragrafen.

In afbeelding 9.3 is een schematisatie gegeven van het principe voor de drain. In deze schematisatie is gebruik gemaakt van indicatieve getallen. Het verdere ontwerp dient nog uitgewerkt te worden met behulp van de fases schetsontwerp, voorontwerp en definitief ontwerp. Waaruit vervolgens het uitvoeringsontwerp volgt en toegepast kan worden tijdens de werkzaamheden aan de A27.

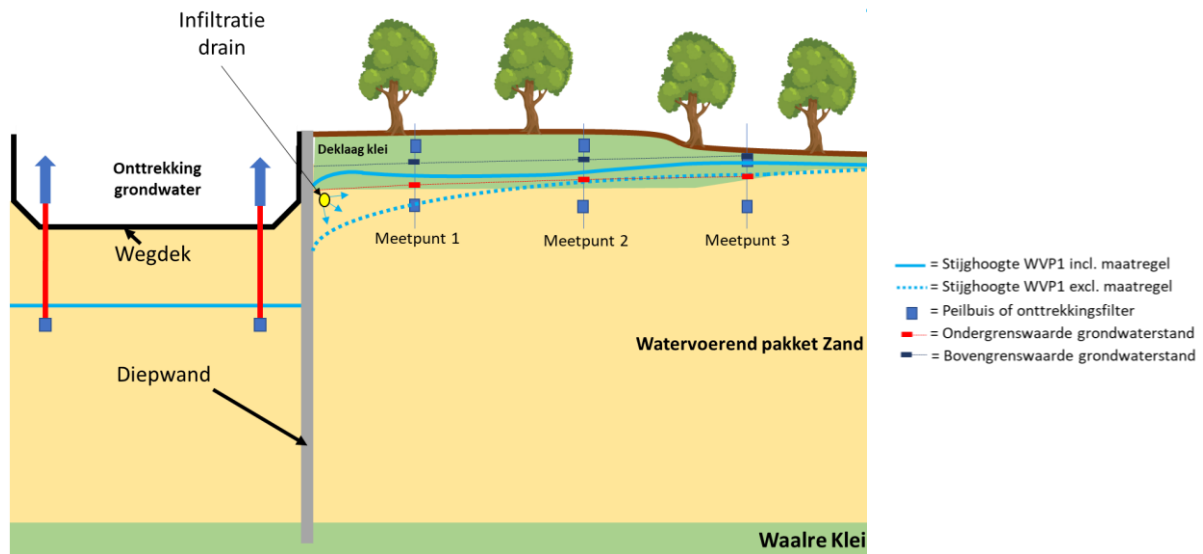
Afbeelding 9.3a beschrijft de situatie waarin de drain infiltratie van grondwater verzorgt. Het infiltratieniveau wordt op peil gehouden met behulp van pompen die het bassin blijven aanvullen. Vervolgens stroomt onder de drukwerking het water in de infiltratiedrain en voert deze het watervoerend pakket. Afbeelding 9.3b beschrijft de drainerende werking, welke ook van toepassing is ten behoeve van opstuwung in de gebruiksfase. De grondwaterstand staat boven de aanleghoogte van de drain en onder drukwerking van de grondwaterstand in het watervoerend pakket stroomt het grondwater in de drain en voert deze het grondwater af. Pompen zijn nodig om het gedraineerde grondwater af te voeren, zodat een continue drainerende werking aanwezig blijft gedurende hoge grondwaterstanden.

De mitigerende maatregel dat de drain infiltrerend werkt is doorgerekend met behulp van het grondwatermodel. Het resultaat is indicatief weergegeven in afbeelding 9.4. Ter plaatse van de infiltratiedrain vindt ten opzichte van de referentiesituatie een lichte grondwaterverhoging plaats. Deze 'overhoogte' is benodigd om voldoende uitstralend (en verhogend) effect te creëren voor het verder gelegen gebied. Het berekend debiet voor de infiltratiedrain die volgt uit de berekeningen met het grondwatermodel bedraagt circa 30-50 m³/uur.

Afbeelding 9.3 Schematisatie a) drain bij infiltrerende werking b) drain bij drainerende werking (indicatieve getallen)



Afbeelding 9.4 Hydrologische situatie met schermwanden, bemaling en een drain die infiltreert



9.2.2 Boven en ondergrenzen grondwaterstanden

De maatregel in Amelisweerd met infiltratie of drainage dient te passen binnen de grondwatergrenzen die zijn afgesproken in de stuurgroep (BSG). Die grenzen houden rekening met de seizoensvariatie. Ook bij de optimalisatie van de retourbemaling dient rekening te worden gehouden met deze grenzen.

Voor het bos Amelisweerd zijn eisen gesteld aan grondwaterbeïnvloeding. De eisen zijn gericht op het beheersen van het eerste watervoerende pakket (1^e wvp), niet op het freatisch grondwaterpeil, omdat de impact van de bouwmethode ook direct op het 1^e wvp inwerkt. De grondwatergrenzen worden berekend uit de (berekende) grondwaterreeksen, de ondergrens wordt in 2 % van de tijd onderschreden en de bovengrens wordt eveneens 2 % van de tijd overschreden. Met behulp van het grondwatermodel kunnen boven- en ondergrenzen in Amelisweerd vlakdekkend worden afgeleid.

Bij het bepalen van de grenswaarden wordt onderscheidt gemaakt in een aantal seizoenperioden. Er zijn drie perioden gedefinieerd, gebaseerd op het, ecologisch onderbouwde, groeiseizoen:

- winterperiode; gedefinieerd vanaf 1 oktober tot en met 15 maart;
- voorjaarsperiode; gedefinieerd vanaf 15 maart tot en met 1 juli;
- zomerperiode; gedefinieerd vanaf 1 juli tot en met 1 oktober.

De voorjaars- en zomerperiode vallen onder het groeiseizoen en de winterperiode valt buiten het groeiseizoen. Verdere detaillering van de intervallen van het groeiseizoen kan, wanneer nodig, nog bijgesteld. Buiten het groeiseizoen kan een eventueel benodigde ruimere bandbreedte in overleg met deskundigen, ecologen en afdeling groen van de gemeente Utrecht als acceptabel beschouwd.

Om te kunnen vaststellen of het grondwater tussen de vastgestelde grondwatergrenzen beweegt dient te worden gemonitord middels peilbuizen (zie volgend hoofdstuk).

9.3 Maatregelen geluid

Met het treffen van tijdelijke afscherpende voorzieningen kunnen alle overschrijdingen van de grenswaarden in alle periodes worden voorkomen voor zowel omwonenden als natuurwaarden in Amelisweerd.

Voor omwonenden is een rij met gestapelde zeecontainers tot 9 meter hoog, zowel voor de freesmachines als voor werkterrein, een goede mogelijkheid om een dergelijke afscherming vorm te geven. Als alternatief kan voor de freesmachines een mobiel scherm, met een breedte van 12 meter en een hoogte tot 9 meter, worden gebruikt dat met de machines mee wordt verplaatst.

Voor natuur is een geluidswerend scherm van 5 meter hoogte ter hoogte van Ameliseerd een goede mitigerende maatregel.

9.4 Maatregelen licht Amelisweerd

De effecten van verstoring door nachtelijke verlichting kunnen beperkt worden door de spectrale compositie en de reikwijdte van de verlichting aan te passen. Door alleen gericht te verlichten binnen het rode spectrum van licht zal de verstoring van fauna beperkt kunnen worden.

9.5 Maatregelen beheersing uitvoeringsrisico's

Uitvoeringsrisico's vroegtijdig signaleren en daarmee beheersmaatregelen paraat hebben is van belang voor het voorkomen van eventuele ongewenste milieueffecten.

In paragraaf 9.4.1 wordt ingegaan op de uitvoeringsrisico's van de aanleg van de schermwand en in paragraaf 9.4.2 op de overige risico's.

9.5.1 Maatregelen beheersing uitvoeringsrisico's aanleg schermwand

Bij de uitvoering (aanleg) van de schermwand kan er iets misgaan, waardoor de waterremmendheid van de wand afneemt. Dit kan weer leiden tot milieueffecten, en dan vooral voor effecten op grondwater. Daarom wordt qua milieueffecten alleen in gegaan op grondwater. In tabel 9.1 zijn de uitvoeringsrisico's van de aanleg van de schermwand, het milieueffect en de mogelijke beheersmaatregelen weergegeven

Tabel 9.1 Uitvoeringsrisico's

Omschrijving risico	Milieueffect (grondwater)	Beheersmaatregel (p=preventief voor uitvoering, c=correctief tijdens uitvoering)
Panelen sluiten niet goed aan door scheefstand, waardoor er een spleet ontstaat	<p>Bouwfase: er zal meer grondwater onttrokken en geretourneerd moeten worden dan verwacht.</p> <p>Gebruiksphase: de barrièrewerking van de schermwand wordt minder.</p>	<p>Bouwfase</p> <ul style="list-style-type: none"> - preventief: er is worst-case gerekend met de horizontale weerstand van de schermwand van 250 dagen waardoor impliciet een lek tussen de panelen is verdisconteerd. - correctief: Rijkswaterstaat gaat uit van gefreesde wanden. Dit is gezien de diepte van de wanden en de lengte van de wanden een plausibel uitgangspunt. Met de keuze voor een frees kunnen ook de voegen gefreesd worden. Uit de literatuur is bekend dat de waterremmendheid van dergelijke voegen vergelijkbaar of beter is dan voegen met een voegprofiel en daarmee tot meest waterremmende voegtypes behoort. <p>Gebruiksphase: geen beheersmaatregel nodig.</p>

Omschrijving risico	Milieueffect (grondwater)	Beheersmaatregel (p=preventief voor uitvoering, c=correctief tijdens uitvoering)
<p>Mislukken paneel (minder waterremmendheid dan vereist)</p> <p>Een paneel of panelen hebben niet de beoogde waterremmende werking doordat er bijvoorbeeld doorlatender materiaal wordt ingebracht dan cement en/of bentoniet.</p>	<p>Bouwfase: er zal meer grondwater onttrokken en geretourneerd moeten worden dan verwacht.</p> <p>Gebruiksfase: de barrièrewerking van de schermwand wordt minder.</p>	<p>Bouwfase:</p> <ul style="list-style-type: none"> -preventief: er is worst-case gerekend met de horizontale weerstand van de schermwand van 250 dagen waardoor impliciet een mindere waterremmendheid van de panelen is verdisconteerd en rekening gehouden wordt met 'foutjes' in de wand. - correctief: Tijdens het graven wordt bijgehouden hoe een paneel in de bodem gevormd wordt. Hierdoor is bekend als een paneel buiten de toleranties valt. Correctie is mogelijk door het aangrenzende nog te bouwen paneel het afwijkende paneel iets te laten volgen en zo toch voldoende aansluiting met dit paneel te verkrijgen. In extreme gevallen kunnen groutkolommen worden geplaatst ter plaatse van de lekkende voegen. <p>Gebruiksfase: geen beheersmaatregel nodig.</p>
<p>Een paneel of panelen reiken niet tot de bovenkant van de Waalreklei formatie (WAK1) waardoor de schermwand niet aansluit op de Waalreklei formatie (WAK1) (onderloopsheid.)</p>	<p>Bouwfase: er zal meer grondwater onttrokken en geretourneerd moeten worden dan verwacht.</p> <p>Gebruiksfase: de barrièrewerking van de schermwand wordt minder.</p>	<p>Bouwfase:</p> <ul style="list-style-type: none"> -preventief: is er worst-case gerekend met de horizontale weerstand van de schermwand van 250 dagen waardoor impliciet een mindere waterremmendheid van de panelen is verdisconteerd en rekening gehouden wordt met 'foutjes' in de wand. - preventief : Veiligheidshalve wordt een inbeddingsdiepte van tenminste 10 meter in de Waalreklei formatie (WAK1) aangehouden. - preventief : Gedegen grondonderzoek biedt voldoende inzicht in de overgang van de grondlagen. - correctief: In extreme gevallen kunnen groutkolommen of extra panelen voor het te korte paneel geplaatst worden die wel diep genoeg steken. <p>Gebruiksfase: geen beheersmaatregel nodig.</p>
<p>De wanden van de schermwand sluiten juist op de overgangen van de verschillende materialen (CB, beton, beton met damwand) niet goed aan., waardoor er een spleet ontstaat (mindere waterremmendheid).</p>	<p>Bouwfase: er zal meer grondwater onttrokken en geretourneerd moeten worden dan verwacht.</p>	<p>Bouwfase:</p> <ul style="list-style-type: none"> -preventief: er is worst-case gerekend met de horizontale weerstand van de schermwand van 250 dagen waardoor impliciet een mindere waterremmendheid van de schermwand is verdisconteerd. - preventief: Rijkswaterstaat gaat uit van gefreesde wanden. Dit is gezien de diepte van de wanden en de lengte van de wanden een plausibel uitgangspunt. Met de keuze voor een frees kunnen ook de voegen gefreesd worden. Uit de literatuur is bekend dat de waterremmendheid van dergelijke voegen vergelijkbaar of beter is dan voegen met een voegprofiel en daarmee tot meest waterremmende voegtypes behoort. - correctief: Tijdens het graven wordt bijgehouden hoe een paneel in de bodem gevormd wordt. Hierdoor is bekend als een paneel buiten de toleranties valt. Correctie is mogelijk door het aangrenzende nog te bouwen paneel het afwijkende paneel iets te

Omschrijving risico	Milieueffect (grondwater)	Beheersmaatregel (p=preventief voor uitvoering, c=correctief tijdens uitvoering)
	Gebruiksfase: de barrièrewerking van de schermwand wordt minder.	laten volgen en zo toch voldoende aansluiting met dit paneel te verkrijgen. In extreme gevallen kunnen groutkolommen worden geplaatst ter plaatse van de lekkende voegen. Gebruiksfase: geen beheersmaatregel nodig.
De geulstructuren in de Waalreklei formatie (WAK1) hebben lagere weerstanden dan gedacht, of de schermwanden sluiten niet voldoende aan op de kleilaag waardoor er meer onttrokken moet worden. Het lukt niet om 100 % van het onttrokken grondwater weer retour te krijgen in de bodem.	Bouwfase: Er zullen meer onttrekkings- en retourputten geplaatst moeten worden. Gebruiksfase: de barrièrewerking van de schermwand wordt minder.	Bouwfase: - preventief: De verwachtingswaarde voor het bemalingsdebiet is 360 m ³ /uur. De worst case is vastgesteld op 680 m ³ /uur. De worst case is op basis van laboratoriumonderzoek van grondmonsters, interpretatie van boorprofielen, modellering met deze gegevens en berekeningen aan de hand van de calamiteiten onttrekking bepaald. De kans dat het debiet in de praktijk veel ongunstiger uitvalt is derhalve beperkt. Desondanks wordt nu uitgegaan van 8 onttrekkingsbronnen en 32 retourputten (1:4). Bij dit aantal dient 10 á 20 m ³ /uur/put geretourneerd te worden. Bij de pompproef kon zonder grote problemen 50 m ³ /uur behaald worden. - Correctief: Mochten er desondanks tijdens uitvoering meer debiet moeten worden geretourneerd dan is er een overmaat aan werkterreinen beschikbaar om extra retourputten aan te brengen. Gebruiksfase: geen beheersmaatregel nodig.
Onttrokken grondwater kan niet worden teruggebracht in de bodem (verstopte retourputten), en onttrokken grondwater water kan ook niet worden geloosd.	Bouwfase: Er zullen meer onttrekkings- en retourputten geplaatst moeten worden. Gebruiksfase: er wordt niet bemaald.	Bouwfase: - preventief: De retourbemaling wordt zo ingericht dat er overcapaciteit aanwezig is. Uit de praktijk blijkt dat de verstopping niet ineens binnen 1 dag optreedt maar geleidelijk in weken of maanden. Dus die zie je aankomen en kan op worden geanticipeerd • Het onttrokken grondwater kan worden ontijzerd (als dat de reden van de verstopping is); • Er kan DSI retourbemaling worden toegepast, hierbij is het verstoppingsrisico aanmerkelijk kleiner. - correctief: * voldoende retourcapaciteit installeren (overcapaciteit). * een ontijzeringsinstallatie klaar hebben staan tijdens uitvoering zodat in geval van calamiteit tijdelijk geloosd kan worden. Lozing gebeurt alleen in geval van calamiteit en geschiedt alleen als retourneren (tijdelijk) niet meer lukt.

9.5.2 Maatregelen beheersing overige uitvoeringsrisico's

In deze paragraaf worden de overige risico's met mogelijk beheersmaatregelen genoemd die verband houden met de bouwmethode bemaling met schermwand.

Risico 1

- Risico: Uitval alle bemalingspompen.
- Effect: Inundatie A27, scheuren folieconstructie.
- Beheersmaatregel: online monitoring, voldoende buffer tussen bemalingsdiepte en kritische grondwaterstand binnen de schermwand, noodpompen, noodstroomvoorziening, noodlozing (na beluchting en ontijzering) op open water (Kromme Rijn).

Risico 2

- Risico: Negatieve beïnvloeding vitaliteit bomen Amelisweerd door grondwaterstand boven grondwatergrens.
- Effect: Verminderde groei en sterfte bomen Amelisweerd.
- Beheersmaatregel: monitoring, minder water retourneren nabij Amelisweerd, draineren gebied d.m.v. drainvoorziening, actief water afvoeren uit sloten in het gebied.

Risico 3

- Risico: Negatieve beïnvloeding vitaliteit bomen Amelisweerd door grondwaterstand onder grondwatergrens.
- Effect: Verminderde groei, bladval en sterfte bomen Amelisweerd.
- Beheersmaatregel: monitoring, meer water retourneren nabij Amelisweerd, infiltreren van extra water in gebied d.m.v. drainvoorziening, actief water toevoeren naar bestaande sloten in het gebied.

Risico 4

- Risico: overschrijding grondwatergrenzen rond schermwand na realisatie van project t.g.v. opstuwing/verlaging door schermwand.
- Effect: Verminderde groei, bladval en sterfte bomen Amelisweerd of Park de Koppel, grondwater overlast, verdroging van groen in de omgeving (tuinen, velden).
- Beheersmaatregel: monitoring, aanbrengen drain/infiltratie voorziening rond de wand om water om te leiden van ene naar andere zijde, verwijderen/uitboren extra delen van schermwand rond foliepolder waarmee de schermwanden doorlatender worden.

Risico 5

- Risico: Onvoorziene omgevingsbeïnvloeding door hogere doorlatendheid schermwand of bodemafluiting en hogere bemalingsdebieten.
- Effect: Verminderde groei, bladval en sterfte bomen Amelisweerd of Park de Koppel, grondwater overlast, verdroging van groen in de omgeving (tuinen, velden).
- Beheersmaatregel: overdimensionering ontwerp, monitoring, aanbrengen gerichte (en extra) retourbronnen om effecten te compenseren, aanbrengen drain/infiltratie voorzieningen rond de wand.

Risico 6

- Risico: Verstopping van de infiltratiebronnen tijdens de retourbemaling.
- Effect: Onvoorziene omgevingsbeïnvloeding (meer grondwaterstandsverlaging), lozing naar open water.
- Beheersmaatregel: goed ontwerp en overdimensionering, frequent onderhoud bronnen, monitoring, aanbrengen extra infiltratiecapaciteit in het eerste watervoerend pakket, toepassing DSI-techniek.

Risico 7

- Risico: grondwateroverlast bij gebouwen.
- Effect: Onvoorziene omgevingsbeïnvloeding (meer grondwaterstandsstijging, water in de kruipruimte).
- Beheersmaatregel: Hand aan de kraan principe, gericht aanbrengen drainage.

Risico 8

- Risico: extreme weersituaties (grote droogte en grote hoosbuien).
- Effect: Onvoorziene omgevingsbeïnvloeding (lagere en hogere grondwaterstanden).
- Beheersmaatregel: Online monitoring, sturen op de af te leiden grondwatergrenzen (omdat hierbij rekening wordt gehouden met de gemeten grondwaterstanden over de afgelopen 5 á 10 jaar), Hand aan de kraan principe, gericht aanbrengen drainage.

Monitoring is belangrijk om ongewenste effecten tijdig te kunnen vaststellen. (Zie volgend hoofdstuk).

10

MONITORING

10.1 Monitoringsvisie

Monitoring vraagt om een systematische en strategische aanpak. Monitoring tijdens bouw en beheer leidt tot beperking en afkadering van projectrisico's waardoor (verdere) kostenreductie mogelijk wordt. Tevens kan monitoring tijdens kritische bouwfases bijdragen aan een beter inzicht in het gedrag op de langere termijn van de constructie en calamiteiten helpen voorkomen. Dit vermindert eventuele impact op de omgeving (hinder) en de kans op het disfunctioneren van de constructie.

Wat, wanneer, waar en hoe frequent metingen worden uitgevoerd, hangt af van een risico gebaseerde aanpak en inzicht in het functioneren van de verschillende constructies. Recente vakboeken en handleidingen omtrent monitoring inzake grote infrastructurele projecten gaan uit van een risico-gestuurde monitoring. Deze wijze van monitoring is succesvol toegepast in Amsterdam (Noord-Zuidlijn), Delft (spoorzone Delft) en Maastricht (A2 Koning Willem-Alexandertunnel).

Kort en bondig betekent het dat bij een risico gestuurde aanpak er een inventarisatie en koppeling gemaakt wordt van de uitvoeringsrisico's middels monitoringstechnieken bij het realiseren van het uitvoeringswerk. Operationeel kunnen op basis van de metingen - actief en direct - beslissingen genomen worden ten aanzien van het bouwproces en daarmee het beheersen van de technische en omgevingsrisico's. Tevens kan geïdentificeerd worden of en in welke mate de ontwerpuitgangspunten en eerdere effectanalyse kloppen.

Er zal een plan monitoringsvisie worden opgesteld worden. Hierin zal het raamwerk en kader ten aanzien van alle relevante omgevingseffecten gepresenteerd worden. Tevens wordt invulling gegeven op welke wijze de monitoring het meest effectief kan worden ingestoken.

10.2 Grondwater

De huidige situatie wordt reeds gemonitord met een grondwatermeetnet (zie hoofdstuk 6). Om de grondwatereffecten van de ingreep goed te kunnen monitoren en om de gedefinieerde boven- en ondergrenswaarden goed te kunnen bewaken dient het meetnet te worden uitgebreid met waarnemingspunten in het freatische en het eerste en tweede watervoerend pakket. Hiervoor wordt bij de nadere uitwerking van de ontwerp oplossingen een monitoringsplan opgesteld.

Uit de eisen van Rijkswaterstaat komt voort dat gebruik gemaakt moet worden van een frequentie van 1x per uur per meetpunt. Het systeem moet real-time, online inzicht bieden in de actuele grondwaterstanden en het verloop van de grondwaterstanden in de tijd. Elk meetpunt dient individueel op elk moment op afstand uitleesbaar te zijn.

Na de aanlegwerkzaamheden blijft Rijkswaterstaat gedurende 5 jaar monitoren. Deze periode van 5 jaar is de zogenaamde close-out monitoring na afloop van de bemalingswerkzaamheden. Het betreft een minimale termijn bij stabiele resultaten, zodat geborgd wordt dat de eindsituatie qua omgevingsbeïnvloeding voldoet aan de gestelde eisen. Mochten de omstandigheden naar mening van de betrokken partijen (Rijkswaterstaat,

Deltares en de omgevingspartijen) aanleiding geven om deze termijn te verlengen dan zal dit geschieden. Rijkswaterstaat neemt hierin het initiatief.

Als na 5 jaar close-out monitoring wordt vastgesteld dat er geen reden is deze te verlengen, vindt er vanuit Rijkswaterstaat geen monitoring meer plaats. Dan vindt monitoring plaats door de Gemeente Utrecht, zoals dat nu ook al zo is.

10.3 Natuur

Grondwaterafhankelijke natuur

De berekende GVG veranderingen als gevolg van de bouwmethode met schermwand liggen in een relevant bereik voor het natuurbeheertype Haagbeuken- en essenbos. Daarom is het raadzaam om de effecten van de ingreep in de praktijk goed te volgen met behulp van *grondwaterstandsmonitoring*. Er dient met name te worden gemeten op de locaties waar effecten op de vitaliteit van de bomen worden verwacht. Het bestaande grondwater-meetnet moet desgewenst worden aangepast zodat er voldoende meetpunten aanwezig zijn op locaties waar effecten worden verwacht.

Beschermde soorten

Naast monitoring van grondwaterstanden wordt de monitoring ook gericht op het voorkomen van significant negatieve effecten op beschermde soorten. Deze monitoring is bedoeld om verstoring in meer algemene zin in beeld te brengen, zodat vanuit de zorgplicht mitigerende maatregelen genomen kunnen worden.

10.4 Gebouwen

Bij nadere uitwerking van de ontwerp oplossingen zal een invloedscontour bepaald worden. Objecten binnen deze contour zullen tijdens de realisatie bewaakt worden d.m.v. een monitoringprogramma. Gebruikelijk is deze contourlijn te bepalen op de locatie waar rekenkundig te verwachten zettingen aan het maaiveld 1mm bedragen.

Binnen deze contour zal per object bepaald worden welke vorm van monitoring noodzakelijk is. Hierbij kan worden gedacht aan het plaatsen van reflectoren op gevels van gebouwen, welke handmatig of automatisch worden ingemeten met een vast interval. In gevallen waar een grote invloed verwacht wordt of monitoring met reflectoren niet toereikend is, kunnen bijvoorbeeld automatische waterpassystemen worden ingezet.

Omdat de grootste invloed op objecten in de omgeving verwacht wordt door het vervormen van de schermwand als gevolg van het verlagen van de grondwaterstand en het ontgraven van het talud in de foliepolders, zullen ook inclinometerbuizen in de wand worden opgenomen. Hierdoor kunnen de vervormingen van de wand (in dieptherichting) gemeten worden.

Op basis van de berekeningen zullen grenswaarden gesteld worden aan de toegelaten beïnvloeding van de objecten. Door het instellen van een 'stoplichtsysteem' kan tijdens de uitvoering bewaakt worden of objecten zicht nog (ruim) binnen de toegelaten waarden bevinden (groen), deze de maximale waarde benaderen (oranje) of overschrijden (rood).

10.5 Verkeer

In het kader van het gehele project Verbreding Ring Utrecht A27/A12 zal het verkeer worden gemonitord, hier maakt de realisatie van de schermwand onderdeel van uit. Bij onverwachte/niet verwachte verkeerseffecten kan dan (indien mogelijk) worden bijgestuurd.

REFERENTIES

- Adviesbureau Maes. (2009). *Ecologische waarden Landgoederen Oud en Nieuw Amelisweerd en Rhijnauwen*.
- Bartholomeus, R. (januari 2010). Climate change threatens endangered plant species by stronger and interacting water related stresses.
- Deltares. (februari 2019). *A27 Ring Utrecht - Nul situatie en autonome ontwikkeling bos Amelisweerd*.
- Deltares. (december 2009). *Ontwikkeling HDSR hydrologisch modelinstrumentarium-HYDROMEDAH Deelrapport 1 Beschrijving MODFLOW-model*.
- Deltares. (januari 2020). *Monitoring vitaliteitsontwikkeling 2019 Amelisweerd*.
- Deltares. (mei 2020). *A27 Ring Utrecht - Verkenning verwachtingswaarde en bovengrens bemalingsdebiet A27 Verdiepte ligging Ring Utrecht*.
- Deltares. (november 2018). *A27 Ring Utrecht - Interpretatie geohydrologische proeven*.
- Provincie Utrecht. (april 2019). *Natuurbeheerplan 2020*.
- RHDHV. (april 2019). *Rapportage bouwlawaai verdiepte ligging A27*.
- RHDHV. (mei 2020). *Rapport 'Aanvullend onderzoek bouwlawaai verdiepte ligging A27'*.
- Rijkswaterstaat. (mei 2020). *Bijlagerapport: 'Grondwatermodellering verdiepte ligging A27'*.
- Rijkswaterstaat. (november 2015). *Koepelnotitie bouwmethoden A27*.
- Rijkswaterstaat. (oktober 2018 en mei 2019). *Ring Utrecht Bestuurlijke randvoorwaarden en contracteisen bouwmethode verdiepte ligging A27*.
- Runhaar en Hennekens. (2015). *Hydrologische Randvoorwaarden Natuur*.
- Runhaar en Jansen. (februari 2005). *Toetsing van het verband tussen het aandeel xerofyten en de droogtestress onder verschillende omstandigheden*.
- Sweco. (maart 2016). *Milieueffectrapportage (MER) A27A12 Ring Utrecht, Tweede Fase*.
- Sweco. (november 2020). *Effecten van bouwmethoden verdiepte ligging A27/A12 Utrecht op beschermde natuurwaarden; nader onderzoek en actualisatie*.
- Sweco. (september 2019). *Effecten van bouwmethode verdiepte ligging A27/A12 Ring Utrecht op beschermde natuurwaarden*.
- Vestigia. (juni 2018). *Risicoanalyse archeologie grondwateronttrekking*.
- Vestigia. (mei 2020). *Risico's en aandachtspunten archeologie bouwmethode verdiepte ligging A27 met schermwand*.
- Vestigia. (september 2018). *Risico's en aandachtspunten archeologie Nieuwe Uitvoeringsvariant Tunnelbak A27*.
- WEnR. (december 2018). *Vitaliteit en groei van bomen in relatie tot bodem en grondwater in Amelisweerd: verdiepingsslag*.

12

BEGRIPPENLIJST

BSG = Bestuurlijke Stuurgroep

HDSR = Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden

N2000-gebied = Natura2000-gebied

GLG = Gemiddeld Laagste Grondwaterstand

GHG = Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand

GVG = Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand

GxG = verzamelterm voor GLG, GHG en GVG

Waterwijzer = Model ontwikkeld om doelrealisaties te bepalen, opvolger van Waterlood

Doelrealisatie = mate waarin aan de hydrologische eisen van een functie (landbouw, terrestrische natuur) wordt voldaan

Stijghoogte = De stijghoogte is het potentieel peil van het wateroppervlak van grondwater, gemeten vanaf een bepaald niveau (bijvoorbeeld Normaal Amsterdams Peil (NAP)). Het is de hoogte van het water in een peilbuis, of waar het grondwater zou staan als men een put zou slaan. In het geval van een artesische bron kan dit boven het aardoppervlak uitkomen.

Freatische grondwaterstand = Het water onder de grondwaterspiegel in een relatief goed doorlatende laag en boven een eerste slecht doorlatende of ondoorlatende laag of het water onder de grondwaterspiegel in een direct slecht doorlatend of ondoorlatende deklaag.

Model artefact = een modeffect die in werkelijkheid niet optreedt a.g.v. ruimtelijke resolutie in een model.

Model iteratie = repeterende modelberekeningen ten behoeve van optimalisaties van de berekeningen

Bemaling = het wegpompen van water om de grondwaterstand plaatselijk te verlagen tot onder een bepaald niveau

Retourbemaling = een bemalingsproces waarbij het opgepompte grondwater in de nabijheid weer in de bodem teruggebracht wordt

DSI = Düsen Saugen Infiltration, een alternatieve technologie voor het infiltreren van grondwater in de bodem ten opzichte van de standaard retourbemaling

Bentoniet = een in de natuur voorkomende natrium-kleisoort met deeltjes die zo klein zijn dat ze de grondwaterdicht kunnen maken

Opbarsten bouwputbodem = Het opbarsten van de bouwputbodem houdt in dat er sprake is van meer opwaartse druk dan neerwaartse druk wat leidt tot grote risico's zoals het volstromen van de bouwkuip met grondwater