



Ontwerprapport vervangende waterkering



Rapport

Aveco de Bondt BV

Holten - Amstelveen - Breda - Eindhoven - Nieuwegein

Postbus 64, 7450 AB Holten

T +31 88 004 82 12

info@avecodebondt.nl

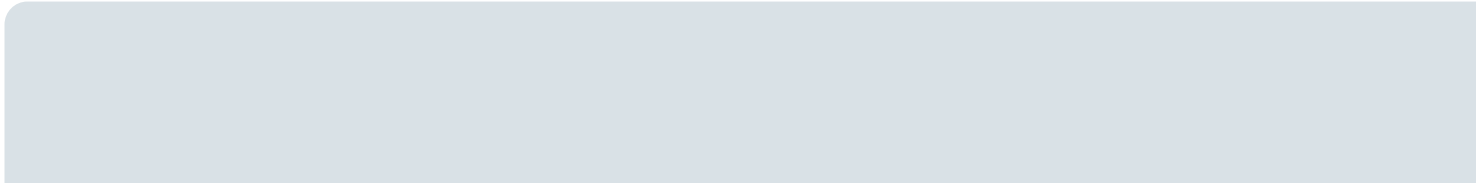
avecodebondt.nl

Ontwerprapport vervangende waterkering Oudenbosch

project Waterveiligheidsadvies Oudenbosch
projectnummer 231242

datum 30 april 2025
referentie 231242_AdB_RAP_0003_v1.0

status Definitief
versie 1.0
fase -





Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Projectlocatie	1
1.3	Doel van dit rapport	2
1.4	Leeswijzer	2
2	Ontwerpfilosofie	3
2.1	Beleidsregels Waterschap Brabantse Delta	3
2.2	Doel van de vervangende waterkering	3
2.2.1	Locatie van de vervangende waterkering	4
2.2.2	Functie van de vervangende waterkering	4
2.2.3	Relevante faalmechanismen	5
2.3	Ontwerpmethodiek	5
2.3.1	Richtlijnen uit het PvE	5
2.3.2	Ontwerpmethodiek uit het PvE	6
2.3.3	Gehanteerde richtlijn en ontwerpmethodiek	6
2.3.4	Levensduur	6
3	Uitgangspunten	7
3.1	Veiligheidseis	7
3.1.1	Normering waterkering	7
3.1.2	Betrouwbaarheidsklasse vervangende waterkering	7
3.2	Profielgeometrie	7
3.3	Buitenwaterstand	8
3.4	Binnenwaterstand	8
3.5	Waterspanningen	8
3.5.1	Freatische lijn	8
3.5.2	Stijghoogte	8
3.6	Ondergrond	9
3.6.1	Bodemopbouw	9
3.6.2	Sterkteparameters	10
3.6.3	Horizontale beddingconstanten	10
3.7	Autonome bodemdaling	10
3.8	Verkeersbelasting	11
3.9	Vervangende waterkering	11
3.9.1	Vervormingseis	11
3.9.2	Corrosie	11
3.9.3	Constructieve eigenschappen damwand	11
4	Berekeningsresultaten	12
4.1	Piping/ Heave (STPH)	12
4.2	Macrostabieliteit buitenwaarts (STBU)	12
5	Beschrijving van het ontwerp	13
5.1	Locatie vervangende waterkering	13
5.2	Hoogte bovenkant damwand	13



5.3	Leggerzonering	13
5.4	Kabels en leidingen	13

6 Referenties **15**

Bijlagen

Bijlage 1	Programma van Eisen
Bijlage 2	Leggerprofiel (leggervak 06)
Bijlage 3	Maatgevende sonderingen
Bijlage 4	Berekening D-Sheet Piling
Bijlage 5	Berekening opbarsten
Bijlage 6	Ontwerptekening
Bijlage 7	Tekening leggerwijziging



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Aannemersbedrijf Van Agtmaal ontwikkelt in Oudenbosch een nieuw woon- en verblijfsgebied met diverse woningen en appartementencomplexen. Eén van de appartementencomplexen ligt gedeeltelijk binnen het waterstaatswerk van een regionale waterkering. Deze regionale waterkering beschermt delen van Oudenbosch en de achterliggende polder tegen een overstroming vanuit de Mark.

In de basis geldt dat het niet is toegestaan om nieuwe bouwwerken te realiseren binnen het waterstaatswerk van een regionale waterkering. Voor de realisatie van het appartementencomplex moet de zone van het waterstaatswerk daarom worden versmald. Dit kan worden bereikt door het realiseren van een vervangende waterkering.

1.2 Projectlocatie

Het nieuwe woon- en verblijfsgebied bevindt zich aan de noordzijde van de stad Oudenbosch. Het gebied ligt buitendijks op een oud haventerrein tussen de regionale waterkering 'Standdaarbuitensedijk' en de watergang 'Mark', zie Figuur 1-1.



Figuur 1-1: Locatie woon- en verblijfsgebied

Het havengebied heeft in de afgelopen jaren al een enorme facelift gekregen. Oude bedrijfspanden zijn gesloopt, de jachthaven is vernieuwd en een groot deel van de geplande woningen en appartementencomplexen zijn al gerealiseerd. Alleen aan de noordzijde van het gebied dienen nog een aantal woningen en één appartementencomplex te worden gerealiseerd. Het appartementencomplex dat nog moet worden gerealiseerd ligt gedeeltelijk binnen het waterstaatswerk van de regionale waterkering, zie Figuur 1-2.



Figuur 1-2: Locatie appartementencomplex ten opzichte van de leggerzones van de waterkering¹

1.3 Doel van dit rapport

Dit ontwerprapport bevat een beschrijving van het ontwerp dat is opgesteld voor de vervangende waterkering. Het ontwerp is opgesteld aan de hand van het Programma van Eisen 'Vervangende Waterkering – Haven Oudenbosch' [ref. 1] van het Waterschap Brabantse Delta (WSBD).

Programma van eisen Waterschap Brabantse Delta

In het Programma van Eisen (PvE) staan ook eisen over de inrichting van het terrein en de uitvoering van de werkzaamheden. Deze eisen zijn niet relevant voor de berekeningen en het ontwerp van de vervangende waterkering. Deze eisen zijn daarom niet meegenomen in dit ontwerprapport. Daarnaast is in overleg met WSBD van een aantal eisen afgeweken. In Bijlage 1 is vermeld of en hoe de eisen uit het PvE in het ontwerp zijn meegenomen en van welke eisen is afgeweken.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is de ontwerpfilosofie opgenomen. De gehanteerde uitgangspunten staan in hoofdstuk 3 en de berekeningsresultaten in hoofdstuk 4. In Hoofdstuk 5 is het ontwerp toegelicht.

¹ WSBD is voornemens om de huidige legger te updaten op basis van rapport 'Concept Ontwerp Legger Haven Oudenbosch, d.d. 05-07-2024 [ref. 3]. De weergegeven leggergrenzen zijn uit dit rapport overgenomen.

2 Ontwerpfilosofie

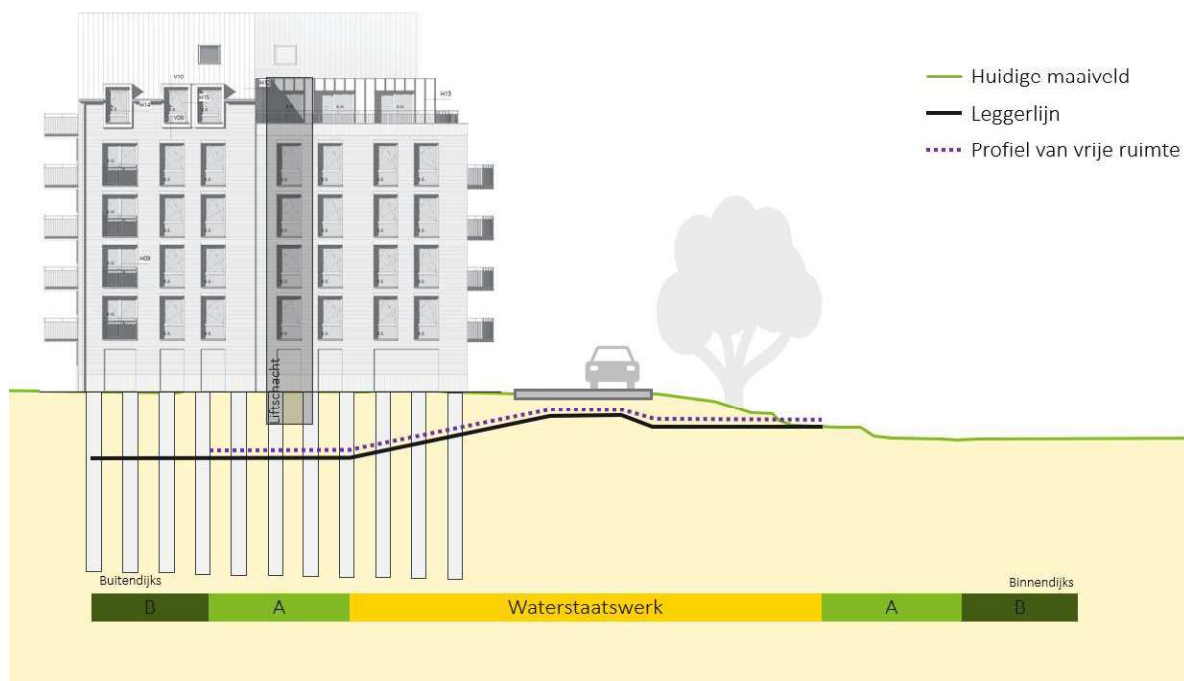
2.1 Beleidsregels Waterschap Brabantse Delta

De waterschapsverordening van WSBD stelt dat het verboden is om zonder een omgevingsvergunning handelingen te verrichten binnen het waterstaatswerk of de daarbij horende beschermingszone A. Omdat het appartementencomplex gedeeltelijk binnen deze zones valt is er een omgevingsvergunning wateractiviteit noodzakelijk.

In artikel 17.4.2 van de beleidsregels van WSBD staan de regels beschreven die gelden voor nieuwe bouwwerken nabij een waterkering. Samengevat geldt voor regionale waterkeringen het volgende:

1. Binnen het waterstaatswerk is nieuwbouw van bouwwerken niet toegestaan;
2. In beschermingszone A (en B) is nieuwbouw van bouwwerken toegestaan, mits:
 - Het bouwwerk boven op het profiel van vrije ruimte (PVVR) wordt gerealiseerd;
 - Er een grond verdringend paalsysteem zonder verbrede voet wordt toegepast.

Het appartementencomplex wordt op het hoge voorland gerealiseerd en bevindt zich daardoor boven het PVVR. Aangezien het complex deels binnen het waterstaatswerk ligt wordt echter alsnog niet aan de beleidsregels voldaan. Om deze reden eist WSBD een vervangende waterkering.



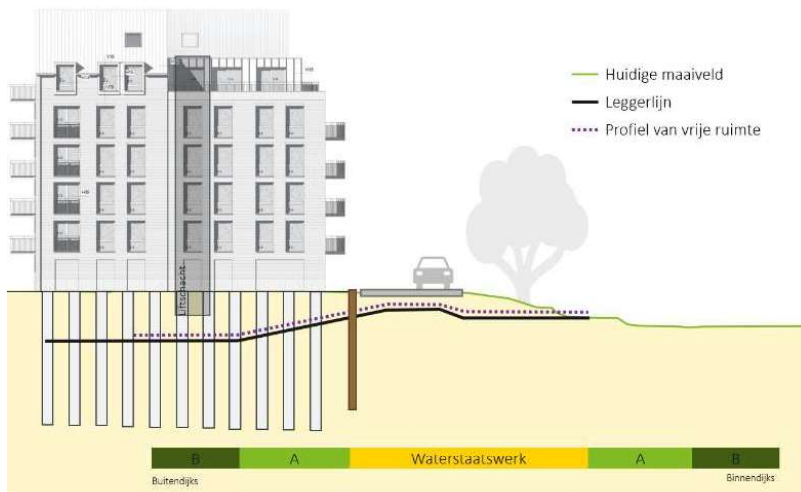
Figuur 2-1: Locatie appartementencomplex ten opzichte van het leggerprofiel

2.2 Doel van de vervangende waterkering

In §2.1 is toegelicht dat er niet aan de beleidsregels van WSBD wordt voldaan omdat het appartementencomplex deels in het waterstaatswerk staat. Om het appartementencomplex toch te kunnen realiseren is er een vervangende waterkering noodzakelijk. De vervangende waterkering heeft als doel om het waterstaatswerk te verkleinen zodat het appartementencomplex hier buiten komt te liggen.

2.2.1 Locatie van de vervangende waterkering

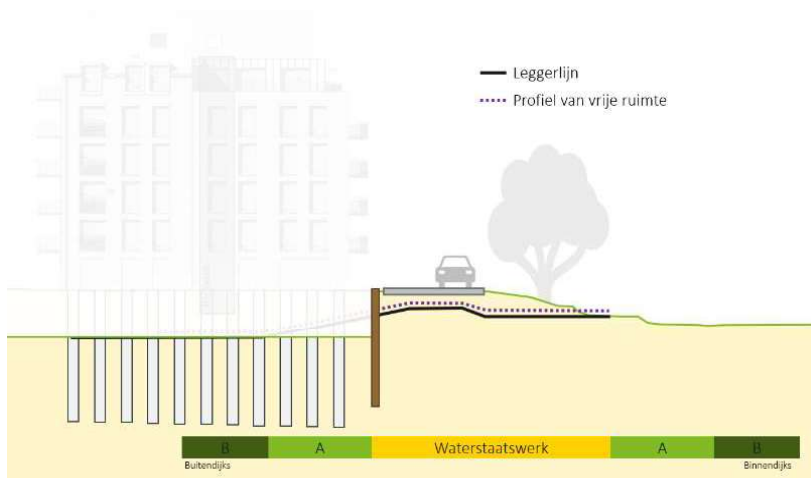
Het appartementencomplex wordt aan de buitendijkse zijde gerealiseerd. Het doel van de vervangende waterkering is daarom om de zone 'waterstaatswerk' aan de buitendijkse zijde te versmallen waardoor het appartementencomplex hier buiten zal vallen. De vervangende waterkering wordt dan ook aan de buitendijkse zijde gerealiseerd, tussen het complex en de weg op de kruin van de kering. Dit principe is gevisualiseerd in Figuur 2-2.



Figuur 2-2: Visualisatie van de toekomstige legger in dwarsprofiel

2.2.2 Functie van de vervangende waterkering

Door de bouw van het appartementencomplex vinden er geen wijzigingen plaats aan de kruin en de binnenzijde van de waterkering. Daarnaast wordt de zone 'waterstaatswerk' alleen aan de buitendijkse zijde versmald. De vervangende waterkering heeft daarom alleen als doel om de functie van het buitendijks aanwezige grondlichaam ("het voorland") over te nemen. Conform de eisen van WSBD mag dit hoge voorland niet worden meegenomen in de beschouwing van de waterveiligheid in verband met het aanwezige appartementencomplex. In Figuur 2-3 is de functie van de vervangende waterkering gevisualiseerd.



Figuur 2-3: Functie van de vervangende waterkering zonder het aanwezige voorland



2.2.3 Relevante faalmechanismen

Volgens de Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale Waterkeringen (LTVRW) [ref. 5] kan een regionale waterkering bezwijken als gevolg van diverse faalmechanismen. Het aanwezige voorland heeft een positief effect op een deel van deze faalmechanismen. De vervangende waterkering moet daarom de functie van dit voorland overnemen. In Tabel 2-1 is aangegeven welke faalmechanismen relevant zijn voor de dimensionering van de vervangende waterkering is.

Tabel 2-1: Relevante faalmechanismen

Faalmechanisme	Afkorting	Beschouwen?	Toelichting
Hoogte	HT	Nee	De huidige kruinhoogte ligt op NAP +2,55 m en de damwand moet op 30cm onder maaiveld komen te liggen. De hoogte van de damwand ligt dan op NAP +2,25 m en ligt dus hoger dan het waterpeil van NAP +2,02 m.
Piping/ Heave	STPH	Ja	Door de afwezigheid van het voorland neemt de horizontale kwelweg af.
Macrostabiliteit Binnentalud	STBI	Nee	Er vinden geen wijzigingen plaats aan de kruin- en het binnentalud van de waterkering. De binnendijkse macrostabiliteit blijft geborgd.
Macrostabiliteit Buitentalud	STBU	Ja	De vervangende waterkering dient de functie van het grondlichaam van het voorland over te nemen.
Microstabiliteit	STMI	Nee	Er vinden geen wijzigingen plaats aan de kruin- en het binnentalud van de waterkering. Microstabiliteit is niet relevant.
Bekleding Buitentalud	STBK-Bu	Nee	De vervangende waterkering neemt de functie van de bekleding op het buitentalud over. Hierdoor is er geen (gras)bekleding meer aanwezig dat onderhevig kan zijn aan erosie.
Bekleding Kruin- en Binnentalud	STBK-Bi	Nee	Er vinden geen wijzigingen plaats aan de kruin- en het binnentalud van de waterkering. De stabiliteit van de bekleding op de kruin- en binnentalud blijft geborgd.
Stabiliteit Voorland	STVL	Nee	De beoordeling van de instabiliteit van het voorland is niet relevant omdat het regionaal watersysteem beperkt is en het geen grootte diepte heeft van meer dan 9m [ref. 5].

2.3 Ontwerpmethodiek

2.3.1 Richtlijnen uit het PvE

De te hanteren ontwerpmethodiek voor het ontwerp van een vervangende waterkering in een regionale waterkering is niet voor de hand liggend. In het PvE [ref. 1] zijn twee richtlijnen voorgeschreven:

Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale Waterkeringen (LTVRW) [ref. 5]:

De LTVRW beschrijft de toetsing van regionale waterkeringen en vormt de basis voor de beoordeling van de waterveiligheid. Specifiek voor het ontwerp van damwanden/ zelfstandig kerende constructies worden geen handvaten gegeven. Wel wordt in module C voor complexe constructies verwezen naar Technisch Rapport Analyse Macrostabiliteit met Eindige Elementen (2011) [ref. 6].

Ontwerprichtlijn Stabiliteitsschermen Primaire Waterkeringen (OSPW) [ref. 7]:

Het Technisch Rapport Analyse Macrostabiliteit met Eindige Elementen (2011) is een voorloper van de OSPW (2013). Ook de OSPW is inmiddels achterhaald en vervangen door de POVM Publicatie Langs constructies (PPL). Deze richtlijnen zijn allemaal bedoeld voor primaire waterkeringen en sluiten niet aan op de veiligheidsfilosofie van de LTVRW.



2.3.2 Ontwerpmethodiek uit het PvE

In het PvE is geëist dat de vervangende waterkering moet worden ontworpen met de Eindige Elementen Methode (Plaxis). Deze methode is bedoeld voor (zeer) complexe geometrieën met bijvoorbeeld damwanden in taluds en grote waterstandsverschillen.

2.3.3 Gehanteerde richtlijn en ontwerpmethodiek

De LTVRW [ref. 5] vormt de basis voor het ontwerp van de vervangende waterkering. Deze richtlijn geeft handvatten voor de beoordeling van de faalmechanismen HT, STPH, STBK-Bu en STVL.

Gegeven de schematisatie uit Figuur 2-3 is de situatie in Oudenbosch zeer eenvoudig met een horizontaal maaiveld aan weerszijden van de constructie. Om deze reden is de sterkte en stabiliteit van de damwand (STBU) ontworpen conform het bouwbesluit (NEN 9997-1) [ref. 8] met behulp van de software D-Sheet Piling. Dit is een gangbare werkwijze voor dergelijke langs constructies in regionale waterkeringen.

2.3.4 Levensduur

Voor de vervangende waterkering is conform het beleid van WSBD een levensduur gehanteerd van 100 jaar.



3 Uitgangspunten

3.1 Veiligheidseis

3.1.1 Normering waterkering

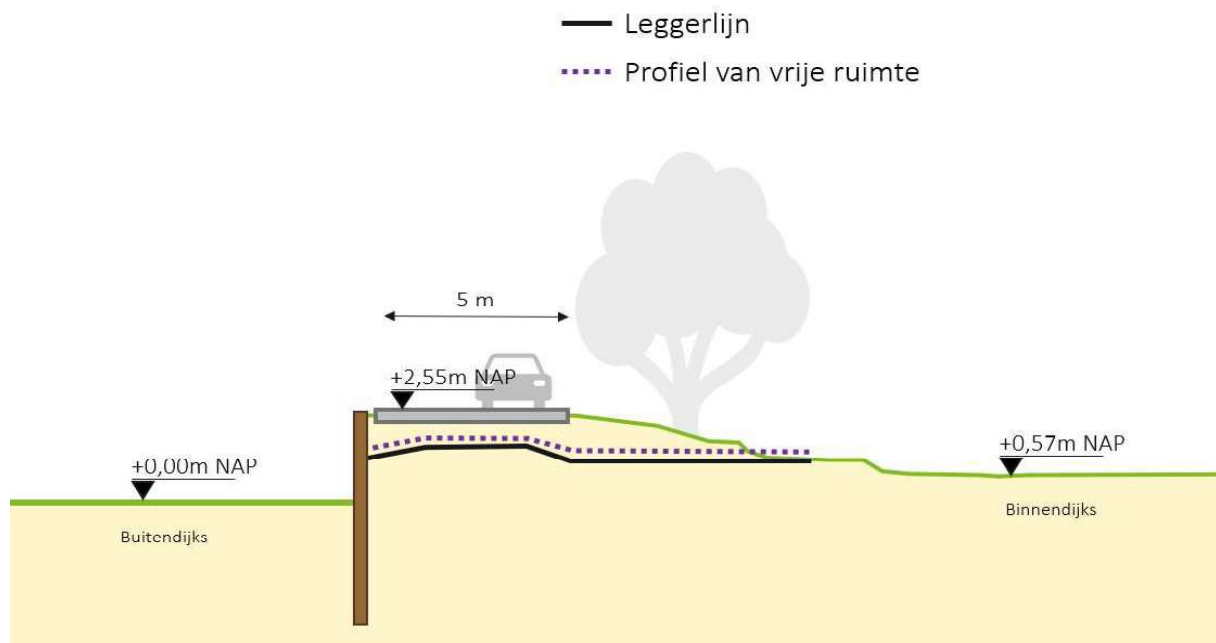
De regionale waterkering is ingedeeld in IPO-klasse III. Conform de Handreiking Ontwerpen & Verbeteren boezemkades (HOVB) [ref. 9] geldt hiervoor een overschrijdingskansnorm van 1/100 jaar.

3.1.2 Betrouwbaarheidsklasse vervangende waterkering

Anders dan de LTVRW maakt het bouwbesluit gebruik van een betrouwbaarheidsklasse gebaseerd op de mogelijke gevolgen bij bezwijken. Uitgaande van een regionale kering met IPO klasse III is RC1 [ref. 10] gehanteerd. Dit is overeenkomstig met vergelijkbare gevallen binnen het beheergebied van Waterschap Brabantse Delta.

3.2 Profielgeometrie

In Figuur 3-1 is de profielgeometrie t.b.v. de berekening met D-Sheet Piping gevisualiseerd. De bestaande kruin van de waterkering heeft een hoogte van circa NAP +2,55 m en kruinbreedte van circa 5 m. Binnendijs van de vervangende waterkering is de geometrie overgenomen uit de AHN4. Aan de buitendijkse zijde is het voorland verlaagd tot een niveau van NAP +0,0 m conform de hoogte van het leggerprofiel (zie Bijlage 2). Dit is een zeer conservatief uitgangspunt.



Figuur 3-1: Profielgeometrie t.b.v. de berekening



3.3 Buitenwaterstand

Conform het PvE dient voor het zichtjaar 2125 rekening te worden gehouden met een waterstand van NAP +2,02 m. Voor de dimensies van de vervangende waterkering is de situatie 'val na hoogwater' maatgevend. In de berekening is daarom uitgegaan dat de waterstand valt van NAP +2,02 m tot het niveau van het voorland uit het leggerprofiel (NAP +0,0 m²).

3.4 Binnenwaterstand

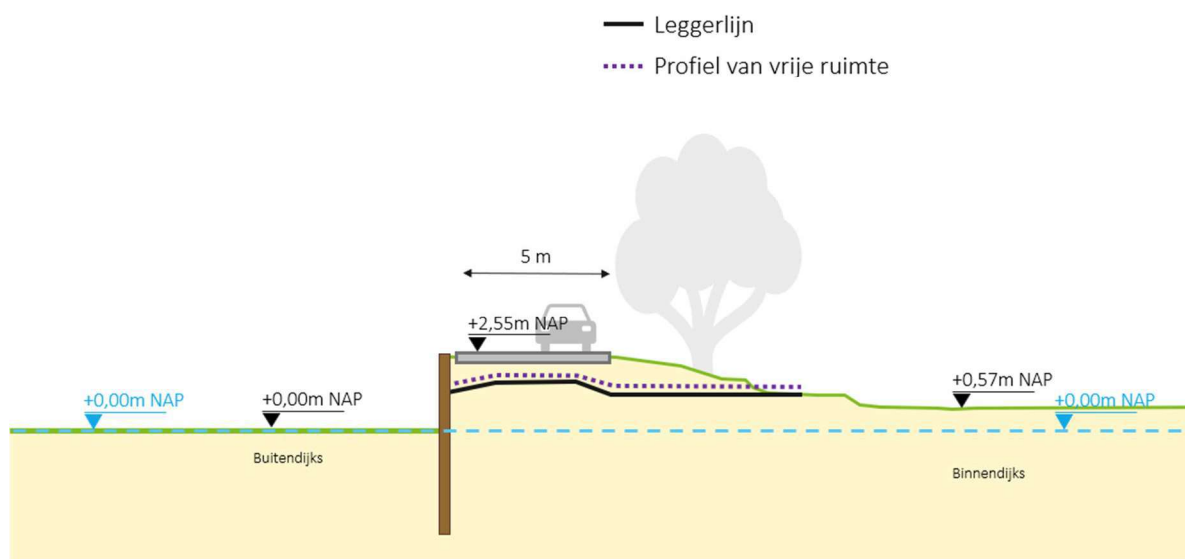
De binnenwaterstand is vastgesteld op NAP +0,0 m. Dit is gelijk aan de gemiddelde grondwaterstand die bepaald is op basis van de peilbuizen op de website www.grondwatertools.nl/gwsinbeeld. Verzadiging van het grondlichaam als gevolg van hoogwater is niet meegenomen omdat de aanwezige vervangende waterkering dit beperkt.

3.5 Waterspanningen

3.5.1 Freatische lijn

De freatische lijn is als volgt geschematiseerd (zie ook Figuur 3-2):

- Binnendijs van de vervangende waterkering is de grondwaterstand gelijk aan de gemiddelde grondwaterstand: NAP +0,0 m;
- Buitendijs van de vervangende waterkering is de grondwaterstand gelijk aan de waterstand na val: NAP +0,0 m.



Figuur 3-2: Schematisatie freatische lijn

3.5.2 Stijghoogte

De stijghoogte is bepaald op basis van de peilbuizen op de website www.grondwatertools.nl/gwsinbeeld. Zowel in het pleistocene zandpakket als in de deklagen geldt een gemiddelde grondwaterstand van ca. NAP +0,0 m, zie Figuur 3-3.

Voor een hoogwatersituatie (STPH) is aangenomen dat de stijghoogte in de watervoerende zandlagen gelijk is aan de buitenwaterstand (+2,02m NAP).

² Dit niveau komt overeen met het gemiddelde waterpeil op de Mark.



Figuur 3-3: Stijghoogte (links = Pleistoceen, rechts = gemiddelde grondwaterstand)

3.6 Ondergrond

3.6.1 Bodemopbouw

De schematisatie van de ondergrond is gebaseerd op de beschikbare sonderingen uit het rapport 'Funderingsadvies Nieuwbouw woningen West-Vaardeke te Oudenbosch' [ref. 11]. De ondergrond bestaat uit een deklaag van klei en veen. Daaronder bevinden zich afwisselend klei- en zandlagen. Het pleistocene zandpakket bevindt zich op ongeveer NAP -14 m.

De grondopbouw in de berekening is gebaseerd op sondering 3 uit het hierboven genoemde rapport. Deze sondering is representatief en ligt dicht bij de vervangende waterkering. In Tabel 3-1 is de bodemopbouw opgenomen. De gehanteerde grondsoorten komen overeen met de grondsoorten uit tabel 2 van de NEN 9997-1 [ref. 8]. De maatgevende sondering (sondering 3) is opgenomen in Bijlage 3.

Tabel 3-1: Maatgevende bodemopbouw

Grondsoort	van [m NAP]	Tot [m NAP]
Klei schoon, matig	maaiveld	+1,8
Zand schoon, los	+1,8	+1,2
Klei organisch, slap	+1,2	-0,3
Veen niet voorbelast, slap	-0,3	-2,0
Zand schoon, matig	-2,0	-3,5
Klei zwak zandig, matig	-3,5	-14,0
Zand sterk siltig, kleiig	-14,0	(pleistocene zandlaag)



3.6.2 Sterkteparameters

De karakteristieke grondparameters zijn vastgesteld op basis van tabel 2 uit de NEN 9997-1 [ref. 8].

Grondsoort	γ_{dr} [kN/m ³]	γ_{nat} [kN/m ³]	ϕ'_{kar} [°]	c'_{kar} [kPa]
Veen niet voorbelast, slap	10	12	15,0	1,5
Klei organisch, slap	13	13	15,0	0,5
Klei schoon, matig	17	17	17,5	5,0
Klei zwak zandig, matig	20	20	25,5	5,0
Zand schoon, los	17	19	30,0	0
Zand schoon, matig	18	20	32,5	0
Zand sterk siltig, kleiig	18	20	27,0	0

In verband met de toepassing van RC 1 maakt de software D-Sheet Piling gebruik van de volgende partiële factoren:

- $\phi' = 1,15$;
- $c' = 1,15$.

3.6.3 Horizontale beddingconstanten

Voor de berekening van damwanden zijn de horizontale beddingconstanten benodigd. De horizontale bedding constanten zijn overgenomen vanuit de CUR 166 [ref. 12]. In Tabel 3-2 staan deze weergegeven.

Tabel 3-2 Horizontale beddingconstanten

Grondsoorten	K1 [kN/m ³]	K2 [kN/m ³]	K3 [kN/m ³]
Veen niet voorbelast, slap	1000	500	250
Klei organisch, slap	2000	800	500
Klei schoon, matig	4000	2000	800
Klei zwak zandig, matig	4000	2000	800
Zand schoon, los	12000	6000	3000
Zand schoon, matig	20000	10000	5000
Zand sterk siltig, kleiig	40000	20000	10000

3.7 Autonome bodemdaling

De autonome bodemdaling is de zakking die in het maaiveld optreedt, ook zonder extra boven belasting. De autonome bodemdaling is met behulp van de autonome bodemdalingskaart [ref. 13] geschat tussen de 0,3 en 1,5 mm/jaar. In het uiterste geval zou dit met een levensduur van 100 jaar een autonome bodemdaling kunnen veroorzaken van 0,15 m (150 mm).

De autonome bodemdaling is gebruikt om de hoogte van de bovenkant damwand te bepalen (zie §5.2).



3.8 Verkeersbelasting

Voor de verkeersbelasting op de weg is uitgegaan van 5 kN/m². In de situatie waarin het appartementencomplex niet aanwezig is zal er immers geen zwaar verkeer op de kering aanwezig is. Dit is namelijk een zeer onwaarschijnlijke calamiteitsituatie. Voor de cohesieve grondlagen is een consolidatiepercentage van 50% aangehouden. Voor zand geldt een consolidatiepercentage van 100%.

Tussen het appartementencomplex en de weg zit ongeveer 6 á 7 meter ruimte. In verband met aanwezige de kabels en leidingen is de vervangende waterkering voorzien op 1 meter uit de kant van de verharding. De verkeersbelasting is daarom op deze afstand geschematiseerd. De verkeersbelasting heeft een breedte van 2,5 meter conform de LTVRW [ref. 5].

3.9 Vervangende waterkering

3.9.1 Vervormingseis

Een damwand kan in de loop der tijd vervormen. Voor damwanden die “in het zicht” staan wordt vaak een eis gehanteerd van 1/100^e vervorming ten opzichte van de hoogte. Omdat deze damwand niet in het zicht staat maar volledig onder de grond is deze eis te conservatief. Voor dit project is er gekozen voor een vervormingseis van 15 cm. De geschematiseerde situatie zal immers alleen optreden bij zeer uitzonderlijke calamiteiten en vervorming van de damwand zal niet leiden tot een waterveiligheidsrisico.

3.9.2 Corrosie

De vervangende waterkering betreft een stalen damwand. Deze damwand is, gedurende de levensduur van 100 jaar, onderhevig aan corrosie.

Conform de CUR166 tabel 9.2 [ref. 12] is de volgende corrosie in rekening gebracht:

- Veenlagen: 3,25 mm per zijde;
- Niet veenlagen: 1,20 mm per zijde.

3.9.3 Constructieve eigenschappen damwand

De aangehouden damwandeigenschappen zijn weergegeven in Tabel 3-3. Er is gerekend met een relatief zwaar damwandprofiel. Dit in verband met de grote corrosie die optreedt over de levensduur in de veenlaag.

Tabel 3-3 Damwand eigenschappen vervangende waterkering Oudenbosch

Omschrijving	Eenheid	Eigenschappen
Damwandtype	-	AZ24-700
Staalkwaliteit	-	S270
Doorsnedeklasse (EN 1993-5)	-	4
Plankpunt niveau	m NAP	-6,0
Planklengte	m	8,02
Moment capaciteit initieel (Mr.k)	kNm/m1	537,9
Moment capaciteit gecorrodeerd (veen)	kNm/m1	185,0
Moment capaciteit gecorrodeerd (zand)	kNm/m1	163,4
Buigtijfheid EI initieel (EI)	kN/m2/m1	117,2
Buigtijfheid EI gecorrodeerd (veen)	kN/m2/m1	59,7
Buigtijfheid EI gecorrodeerd (zand)	kN/m2/m1	96,1



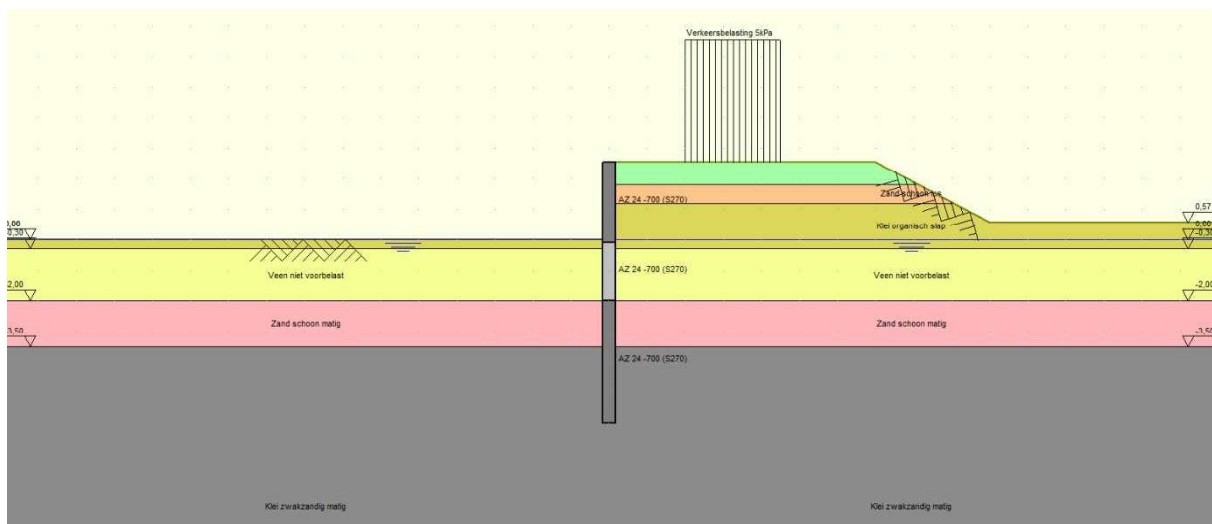
4 Berekeningsresultaten

4.1 Piping/ Heave (STPH)

Om te bepalen of er piping kan optreden is berekend of er een kans is op opbarsten. Dit is gedaan op basis van de totaalspanning conform de LTVRW [ref. 5]. Er is gerekend met de pleistocene zand laag die onder de kleilaag zit. De zandlaag die boven het kleipakket zit kan geen piping optreden omdat de damwand het water tegenhoudt. De berekening toont aan dat er geen kans is op opbarsten. Hierdoor kan piping niet optreden. De berekeningsresultaten zijn opgenomen in Bijlage 5.

4.2 Macrostabieliteit buitenwaarts (STBU)

De vervangende waterkering vervangt het aanwezige voorland. De damwand heeft daarom als doel om de buitenwaartse macrostabieliteit te waarborgen. In Figuur 4-1 is de geometrie in de berekening weergegeven.



Figuur 4-1: Input berekening

In onderstaande Tabel 4-1 is het gekozen damwandprofiel getoetst op moment en vervorming. Het moment is getoetst in zowel de veen- als de zandlaag. Dit is gedaan omdat er in de veenlaag meer corrosie optreedt en daar het toelaatbaar moment aanzienlijk lager is.

Voor het puntniveau is de stabiliteit maatgevend:

- Indien het puntniveau 0,5m hoger ligt dan blijkt de constructie instabiel.

Voor het damwandtype is het buigend moment in de veenlaag maatgevend:

- Bij een lichter damwandprofiel (AZ20-700) voldoet de toets op het buigend moment niet meer.

Tabel 4-1 Toetsing op moment, vervorming en grondweerstand (AZ24-700)

Omschrijving	Eenheid	Toelaatbaar gecorrodeerd	Optredend	Toetsing $\leq 1,0$
Max. moment veen	kNm	185	106,4	0,58
Max. moment zand	kNm	538	163,4	0,30
Max. vervorming	mm	150	73,5	0,49
Mob. grondweerstand	%	100	62	0,62

5 Beschrijving van het ontwerp

5.1 Locatie vervangende waterkering

De damwand komt tussen het appartementencomplex en de weg 'West-Vaardeke'. De as van de damwand is voorzien op 1 meter uit de kant van de verharding. De damwand wordt over de volledige breedte van het appartementencomplex aangelegd en is 5 meter doorgezet in het naastgelegen dijklichaam.

In Figuur 5-1 is de locatie van de vervangende waterkering visueel weergegeven. De lengte van het tracé van de damwand is circa 40 meter.



Figuur 5-1: Locatie vervangende waterkering

Op de tekening "Situatie en dwarsprofiel" van de vervangende waterkering uit Bijlage 6 is de locatie van de damwand in meer detail uitgewerkt.

5.2 Hoogte bovenkant damwand

Tussen de weg en het appartementencomplex zal het maaiveld iets worden opgehoogd in verband met de benodigde dekking op de damwand. De damwand dient gedurende de gehele levensduur 30 cm dekking te hebben en de bodemdaling is in §3.7 vastgesteld op 0,15 m (over 100 jaar). Dit resulteert in een minimale hoogte van het maaiveld van NAP +2,57 m (NAP +2,02 m + 0,15 m + 0,30 m).

5.3 Leggerzonering

Op tekening "Leggerwijziging" (bijlage 7) is de benodigde leggerwijziging gevisualiseerd. Op deze tekening is de zone 'waterstaatswerk' ter plaatse van de vervangende waterkering versmalt om de bouw van het appartementencomplex mogelijk te maken.

5.4 Kabels en leidingen

Op de locatie van het nieuwe appartementencomplex en de vervangende waterkering liggen diverse kabels en leidingen. De locatie van het appartementencomplex is dusdanig gepositioneerd dat deze raakvlakken zo klein mogelijk zijn. De resterende raakvlakken zijn:

- **Vervangende waterkering:** Kruisende laagspanningskabel richting een lichtmast



- **Appartementencomplex:** Twee datakabels
Drukriolering

De raakvlakken zijn weergegeven op de ontwerptekening uit bijlage 6.



6 Referenties

- [ref. 1] Waterschap Brabantse Delta – Programma van Eisen Vervangende Waterkering – Haven Oudenbosch, november 2024
- [ref. 2] Aveco de Bondt - 231242_AdB_RAP_0002_v0.4_NvU Vervangende Waterkering 07-02-2025
- [ref. 3] RPS – Concept Ontwerp Legger Haven Oudenbosch, d.d. 05-07-2024, referentie: NL202048668-R24-705
- [ref. 4] TAW – Leidraad Kunstwerken, mei 2003
- [ref. 5] STOWA – Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale Waterkeringen, d.d. 28-05-2015, kenmerk: 2015-15
- [ref. 6] Technisch Rapport Analyse Macrostabieliteit met Eindige Elementen Rijkswaterstaat, 2011 nr: 1202121-012
- [ref. 7] Deltares- Ontwerprichtlijn Stabiliteitsschermen Primaire Waterkeringen, d.d. 13-03-2013, kenmerk: 1205887-000-GEO-0016
- [ref. 8] NEN9997-1 Geotechnisch ontwerp van constructies 11-2017
- [ref. 9] STOWA - Handreiking Ontwerpen & Verbeteren Boezemkades, d.d. 04-06-2009, kenmerk: 2009-06 ORK
- [ref. 10] NEN-EN 1990+A1+A1/C2/NB 2019
- [ref. 11] Geosonda - Funderingsadvies Nieuwbouw woningen West-Vaardeke te Oudenbosch, d.d. 20-02-2024, rapportnummer 2200630-F2
- [ref. 12] CROW – CUR Handboek 166, Damwandconstructies (deel 1 en 2)
- [ref. 13] <https://bodemdalingsskaart.portal.skygeo.com/portal/bodemdalingskaart/u2/viewers/basic/>



Bijlage 1 Programma van Eisen

In onderstaande tabel staan de eisen uit het PVE van WSBD [ref. 1]. In de tabel is aangegeven op welke wijze de eisen zijn meegenomen in de uitgangspunten en het ontwerp.

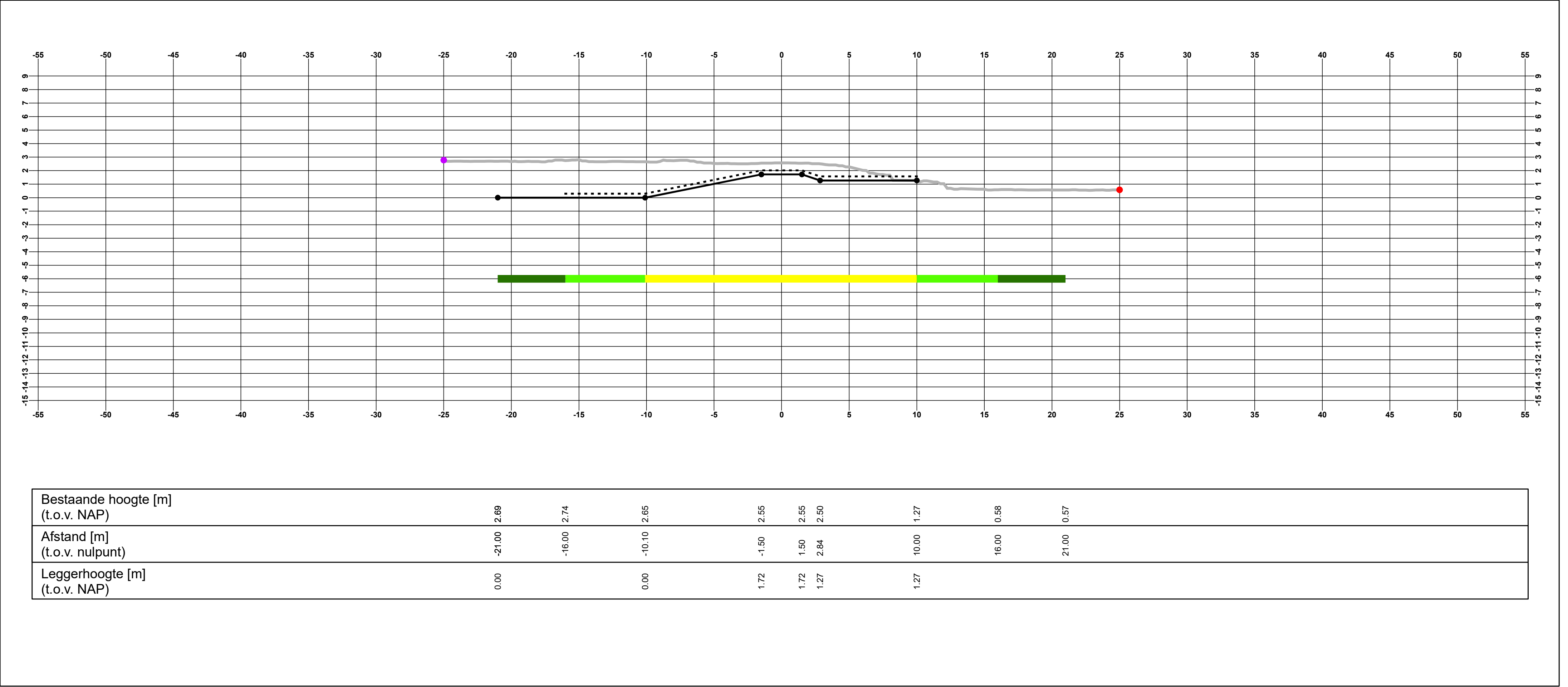
Nr.	Onderwerp	Eistekst	Wijze van verwerking
1	Functie	De vervangende waterkering dient zelfstandig 100% van de waterkerende functie te kunnen voorzien (type 1 constructie).	Afwijking: Zie §2.2
2	Noodzaak	De vervangende waterkering is noodzakelijk op alle locaties waar funderingspalen in het waterstaatswerk komen, om zo de functie van het grondlichaam over te nemen.	Zie § 2.2.2. en §3.2
3	Ontwerpmethode	De vervangende waterkering moet worden ontworpen met de Eindige-Elementen Methode (Plaxis), zie de POVM Eindige-elementenmethode.	Afwijking: Zie §2.2
4	Veiligheidseis	De vervangende waterkering moet voldoen aan de geldende IPO klasse III (norm 1/100 jaar).	Zie §3.1
5	Regelgeving	Er moet worden voldaan aan de Waterschapverordening, algemene regels en beleidsregels van Waterschap Brabantse Delta.	Zie §2.1
6	Richtlijnen	De vervangende waterkering moet voldoen aan de volgende richtlijnen: 'Leidraad toetsen op Veiligheid Regionale Waterkeringen' en 'Ontwerprichtlijn Stabiliteitsschermen Primaire Waterkeringen' (OSPW).	Afwijking: zie §2.3
7	Zichtjaar	De vervangende waterkering moet worden ontworpen voor een zichtjaar van 100 jaar.	Zie §2.3.4 en §3.3
8	Breedte	De vervangende waterkering dient minimaal even breed te zijn als het appartementen complex.	Zie §5.1 en Bijlage 6
9	Waterpeil	De vervangende waterkering moet het waterpeil van NAP +2,02 m kunnen keren.	Zie §3.3
10	Ondergrondparameters	De ondergrondparameters kunnen worden gebaseerd op grondonderzoek, laboratoriumonderzoek en NEN9997-1.	Zie §3.6
11	Zodekwaliteit	Gras op het grondlichaam moet kunnen groeien. Indien dit niet mogelijk is (door schaduwwerking) zal dit moeten worden afgewerkt met een ander materiaal.	<u>n.t.b.</u>
12	Continuïteit	Het huidige profiel en hoogte van de waterkering dient te worden behouden.	Zie §3.2 en Bijlage 6
13	Aansluiting dijklichaam	De vervangende waterkering moet 5 meter worden doorgezet in het naastgelegen dijklichaam.	Zie §5.1 en Bijlage 6
14	Dekking	Een vervangende waterkering bestaande uit een damwand dient na zettingen te allen tijde een minimale dekking van 30 cm dekking te hebben.	Zie §5.2 en Bijlage 6
15	Tijdelijke Waterveiligheid	Er moet inzichtelijk worden gemaakt hoe aan de tijdelijke waterveiligheid wordt voldaan tijdens uitvoering.	<u>n.t.b.</u>
16	Legger	Er dient een nieuw leggerprofiel te worden opgesteld.	Zie §5.3 en Bijlage 6
17	Uitvoering	Er dient een stapsgewijs werkplan te worden aangeleverd waarin staat uitgelegd hoe de vervangende	<u>n.t.b.</u>



Nr.	Onderwerp	Eistekst	Wijze van verwerking
		waterkering wordt geplaatst en het appartementen complex wordt gebouwd.	
18	Uitvoering	De inbrengmethode van de damwandplanken en de fundering mag niet voor hinder of extra zettingen zorgen.	<u>n.t.b.</u>
19	Uitvoering	De vervangende waterkering en fundering van het appartementencomplex dienen trillingsvrij of trillingsarm te worden geplaatst. Eventuele trillingen moeten worden gemonitord met trilling meters en gelimiteerd conform de SBR-richtlijn A, categorie 1.	<u>n.t.b.</u>
20	Uitvoering	Zettingen door zwaar materieel dienen te worden voorkomen.	<u>n.t.b.</u>
21	Uitvoering	Tijdens uitvoering dient de stabiliteit (binnenwaarts) van het naastgelegen grondlichaam te zijn geborgd.	<u>n.t.b.</u>



Bijlage 2 Leggerprofiel (leggervak 06)



Legenda

Dwarsprofiel beheer (indicatief)

Dwarsprofiel legger

Profiel van vrije ruimte

Waterstaatswerk

Bescherminingszone A

Bescherminingszone B

Keringnaam en nummer

Leggertraject Haven Oudenbosch vak: 06

Hectometrerings

Van km 1,28 tot km 1,58

Opdrachtnemer

Versie

Definitief

Formaat

2A3

Datum

1-7-2024

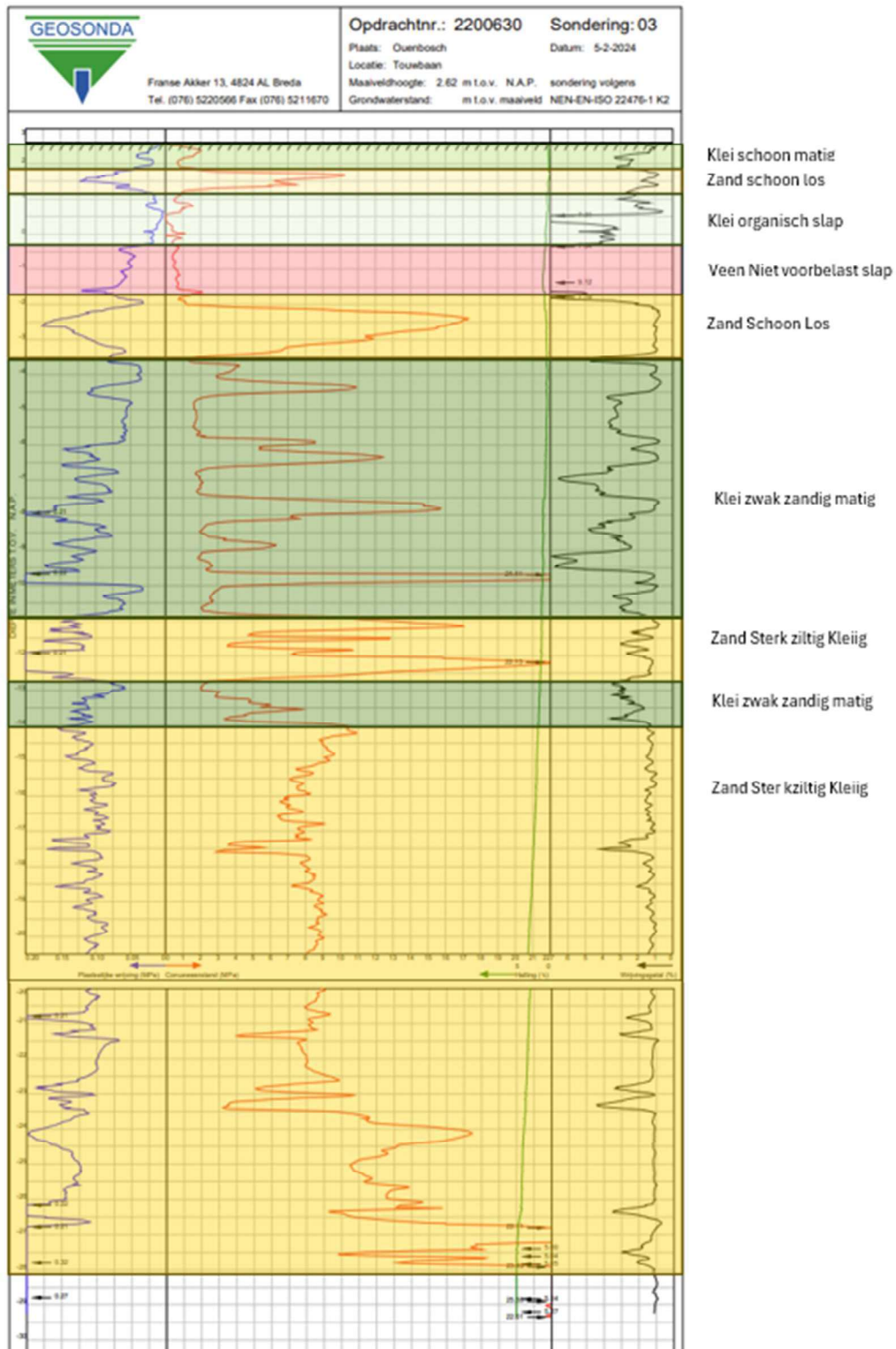
Gezien

Schaal

1:200



Bijlage 3 Maatgevende sonderingen





Bijlage 4 Berekening D-Sheet Piling

Report for D-Sheet Piling 22.2

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

Date of report: 18-4-2025
Time of report: 15:34:53
Report with version: 22.2.2.38813

Date of calculation: 17-4-2025
Time of calculation: 13:59:11
Calculated with version: 22.2.2.38813

File name: Oudenbosch V0.4

Project identification: Oudenbosch Dsheet berekening V0.1

Verification according to National Annex of Eurocode 7 in the Netherlands (NEN 9997-1:2016)

1 Summary

1.1 Overview per Stage and Test

Stage nr.	Verification type	Displacement [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]	Status
All	EC7(NL)-Step 6.1						(D)*
All	EC7(NL)-Step 6.2						(D)*
1	EC7(NL)-Step 6.3		163,38	-116,84	0,0	62,0	
1	EC7(NL)-Step 6.4		163,38	-116,85	0,0	62,0	
1	EC7(NL)-Step 6.5	-73,6	111,87	-56,45	0,0	33,0	
1	EC7(NL)-Step 6.5 x 1,200		134,25	-67,74			
2	EC7(NL)-Step 6.3		161,31	-116,10	0,0	61,8	
2	EC7(NL)-Step 6.4		161,33	-116,12	0,0	61,8	
2	EC7(NL)-Step 6.5	-73,2	109,94	-55,63	0,0	32,8	
2	EC7(NL)-Step 6.5 x 1,200		131,93	-66,75			

Max		-73,6	163,38	-116,85	0,0	62,0	
-----	--	--------------	---------------	----------------	------------	-------------	--

Stage nr.	Verification type	Vertical balance
All	EC7(NL)-Step 6.1	
All	EC7(NL)-Step 6.2	
1	EC7(NL)-Step 6.3	Upwards
1	EC7(NL)-Step 6.4	Upwards
1	EC7(NL)-Step 6.5	Upwards
1	EC7(NL)-Step 6.5 x 1,200	
2	EC7(NL)-Step 6.3	Upwards
2	EC7(NL)-Step 6.4	Upwards
2	EC7(NL)-Step 6.5	Upwards
2	EC7(NL)-Step 6.5 x 1,200	

Summary		Upwards/Sufficient
---------	--	--------------------

*(A) Calculation numerically unstable, (B) Error found during calculation, (C) No convergence of probabilistic calculation, (D) In case of free water level on passive side, a low water level is the most unfavourable, so steps 6.1 and 6.2 are omitted.

1.2 Overall Stability per Stage

Stage name	Stability factor [-]
Aanwezig binnendijks profiel	2,68
PVVR binnendijks	2,99

1.3 Warnings

Phi values:

In the profile(s) below, the difference between the highest and lowest phi in the materials is more than 15 degrees. According to Cur-166 article 4.5.8 a Culmann calculation with straight slip surfaces is not allowed. Either reduce your phi's or try a Ka, Ko, Kp calculation.

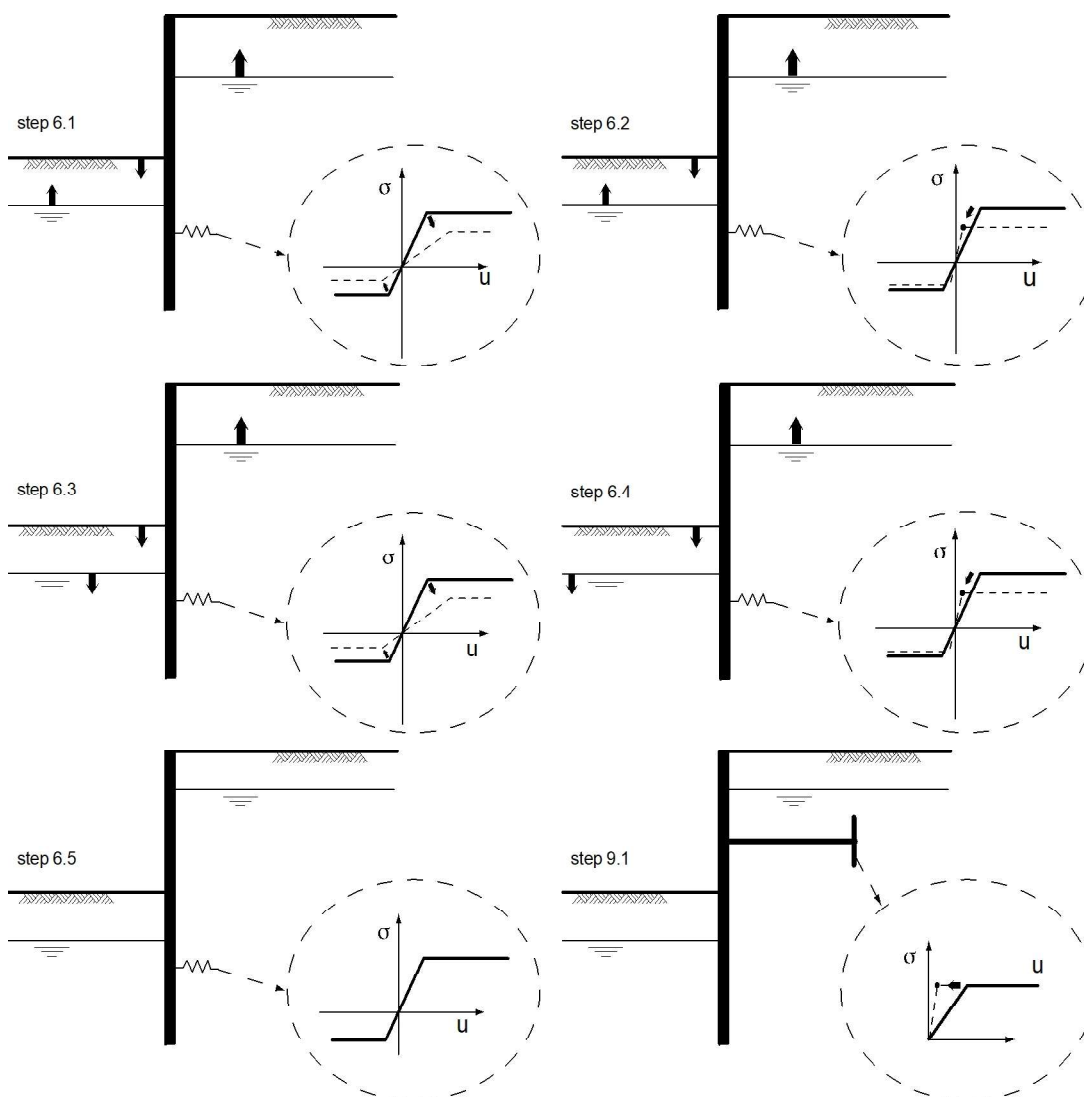
Profile(s):

New Profile

Vertical balance:

The resultant vertical friction force is directed upward in stage 1,2 because the friction force on the passive side exceeds that on the active side. This might be prevented by reducing the friction angle Delta on the passive side.

1.4 CUR Verification Steps



2 Input Data for all Stages

2.1 General Input Data

Verification according to National Annex of Eurocode 7 in the Netherlands (NEN 9997-1:2016)

Model	Sheet piling
Check vertical balance	Yes
Number of construction stages	2
Unit weight of water	9,81 kN/m ³
Number of curves for spring characteristics	3
Unloading curve on spring characteristic	No
Elastic calculation	Yes

2.2 Sheet Piling Properties

Length	8,55 m
Level top side	2,55 m
Number of sections	3
q _b ;max	1,00 MPa
Xi factor	1,39

2.2.1 General Properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Acting width [m]
AZ 24 -700 (S2...	-0,10	2,55	Steel	1,00
AZ 24 -700 (S2...	-2,00	-0,10	Steel	1,00
AZ 24 -700 (S2...	-6,00	-2,00	Steel	1,00

2.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

Section name	Elastic stiffness EI [kNm ² /m']	Red. factor on EI [-]	Corrected elas. stiffness EI [kNm ²]	Note to reduction factor
AZ 24 -700 (S2...	1,1722E+05	0,82	9,6122E+04	t-(2x1,2)/13,2=0,82
AZ 24 -700 (S2...	1,1722E+05	0,51	5,9783E+04	t-(2x3,25)/13,2=0,82
AZ 24 -700 (S2...	1,1722E+05	0,82	9,6122E+04	t-(2x1,2)/13,2=0,82

2.2.3 Maximum Allowable Moments

Section name	Mr;char;el [kNm/m']	Modification factor [-]	Material factor [-]	Red. factor allow. moment [-]	Mr;d;el [kNm]
AZ 24 -700 (S2...	656,00	1,00	1,00	0,82	537,92
AZ 24 -700 (S2...	656,00	1,00	1,00	0,51	334,56
AZ 24 -700 (S2...	656,00	1,00	1,00	0,82	537,92

2.2.4 Properties for Vertical Balance

Section name	From [m]	To [m]	Height [mm]	Section area [cm ² /m']
AZ 24 -700 (S2...	-0,10	2,55	459,00	174,00
AZ 24 -700 (S2...	-2,00	-0,10	459,00	174,00
AZ 24 -700 (S2...	-6,00	-2,00	459,00	174,00

2.3 Calculation Options

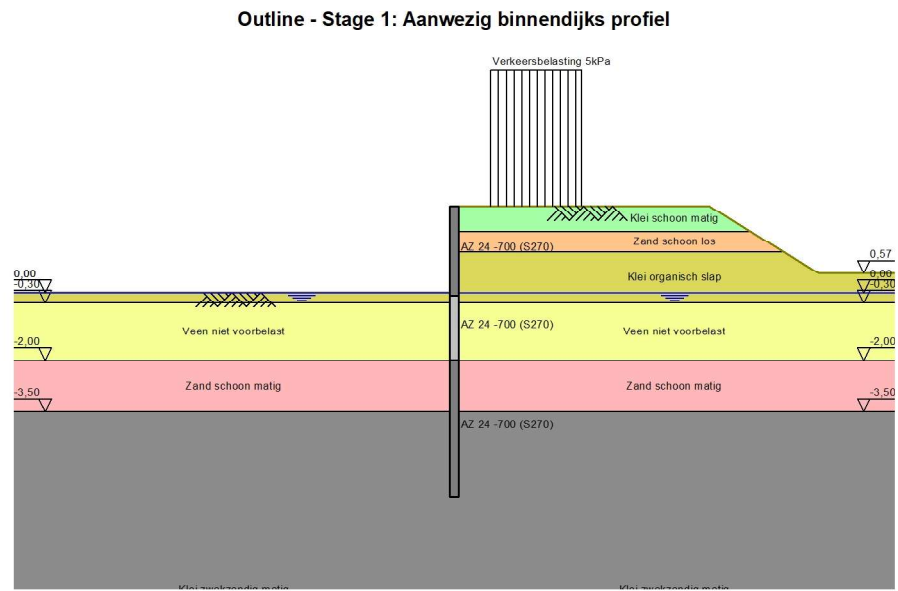
First stage represents initial situation	No
Calculation refinement	Fine
Reduce delta(s) according to CUR	Yes

Verification	EC7 NA NL - method A: Partial factors (design values) in all stages. Eurocode 7 using the factors as described in the National Annex of the Netherlands. It is basically design approach III.
Used partial factor set	RC 1
Factors on loads - Geotechnical loads	
- Permanent load, unfavourable	1,000
- Permanent load, favourable	1,000
- Variable load, unfavourable	1,000
- Variable load, favourable	0,000
Factors on loads - Constructive loads	
- Permanent load, unfavourable	1,215
- Permanent load, favourable	0,900
- Variable load, unfavourable	1,350
- Variable load, favourable	0,000
Material factors	
- Cohesion	1,150
- Tangent phi	1,150
- Delta (wall friction angle)*	1,150
- Modulus of low representative subgrade reaction	1,300
Geometry modification	
- Increase retaining height	10,00 %
- Maximum increase retaining height	0,50 m
- Reduction in phreatic line on passive side**	0,20 m
- Raise in phreatic line on passive side**	0,20 m
- Raise in phreatic line on active side	0,05 m
Factors on representative values	
- Partial factor on M, D and Pmax	1,200
Overall stability factors	
- Cohesion	1,300
- Tangent phi	1,200
- Factor on unit weight soil	1,000
Vertical balance factors	
- Partial factor base resistance (gamma_b)	1,200

* For delta (wall friction angle), the input value of tangent phi is used

** This modification of the phreatic level does not apply when the sheet piling is completely submerged.

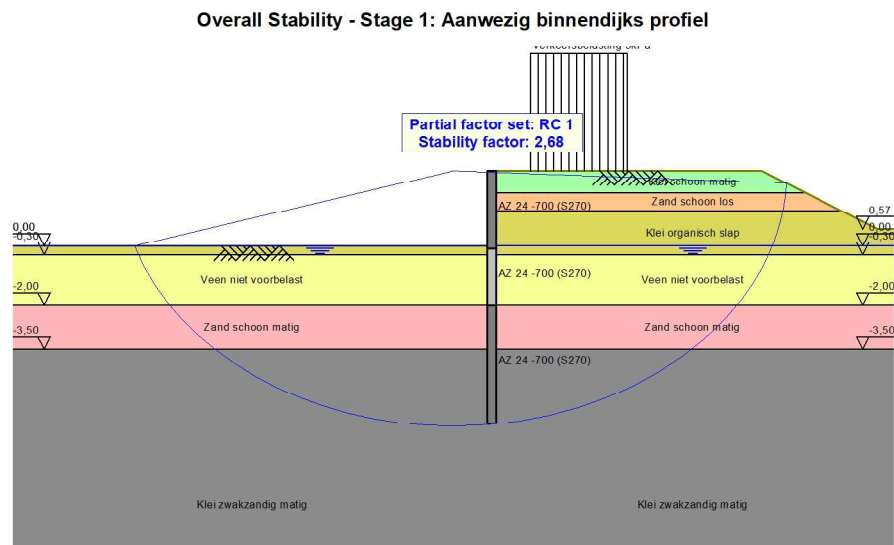
3 Outline Stage 1: Aanwezig binnendijks profiel



4 Overall Stability Stage 1: Aanwezig binnendijks profiel

Stability factor : 2,68

4.1 Overall Stability



End of Report



Bijlage 5 Berekening opbarsten

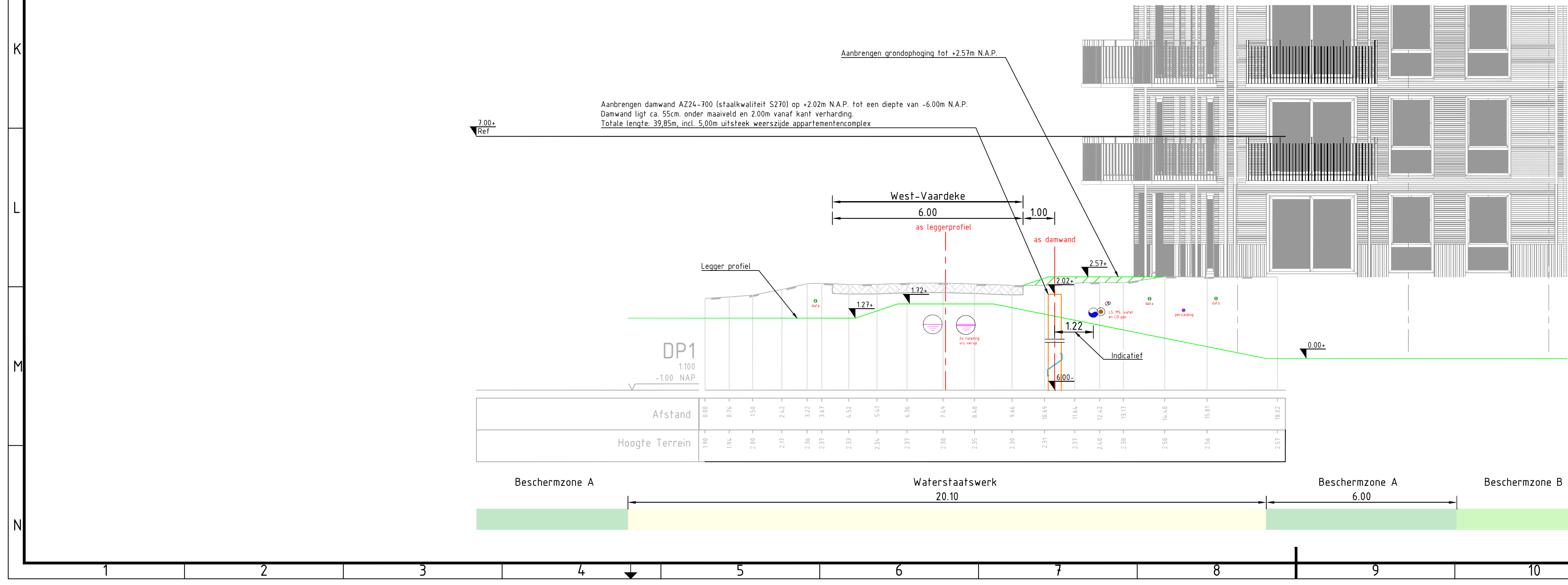
PROJECT GEGEVENS										
Project:	Vervangende waterkering Oudenbosch									
Projectcode:	231242									
Datum berekening:	17-4-2025									
Locatie/profiel	n.v.t.									
Stap 1: GEGEVENS										
y_{up}	Veiligheidsfactor opbarsten	1	[-]							
$y_{b,u}$	Partiële factor	1	[-]							
h_{mv}	Maaiveldpeil	+0,57	[m +NAP]							
b	Slootbodemb		[m +NAP]							
h_p	Polderpeil	+0,00	[m +NAP]							
b	Bodembreedte		[m]							
$1:n$	Sloottalud		[1:x]							
h_{zand}	Onderzijde deklaag	-14,00	[m +NAP]							
ϕ_{exit}	Stijghoogte	+2,02	[m +NAP]							
y_w	Volumiek gewicht water	10	[kN/m ³]							
B	Slootbreedte	0,00	[m]							
d	Laag onder sloot	14,00	[m]							
H_x	Rekenmethode	H1	[-]							
d_{eff}	Effectieve laagdikte	14,57	[m]							
h_{ref}	Referentieniveau	+0,57	[m +NAP]							
d_w	Resterende waterdiepte	0,00	[m]							
Stap 2: BODEMOPBOUW										
Laagnaam	Van (m NAP)	Tot (m NAP)	V_{droog} (kN/m ³)	V_{nat} (kN/m ³)	d_{droog} (m)	d_{nat} (m)	d_{eff} (m)	$V_{droog} \cdot d_{droog}$ (kN/m ²)	$Y_{nat} \cdot d_{nat}$ (kN/m ²)	$(y_{nat}-y_w) \cdot d_{eff}$ (kN/m ²)
Klei, organisch	+0,6	-0,3	13,0	13,0	0,57	0,30	0,87	7,41	3,90	2,61
Veen, niet voorbela:	-0,3	-2,0	10,0	12,0	0,00	1,70	1,70	0,00	20,40	3,40
Zand, schoon, matig	-2,0	-3,5	18,0	20,0	0,00	1,50	1,50	0,00	30,00	15,00
Klei zwak zandig	-3,5	-14,0	20,0	20,0	0,00	10,50	10,50	0,00	210,00	105,00
Stap 3: BEREKENING										
Totaalspanning grond naar beneden gericht	$\sum(y) \cdot d_i$	271,71	[kN/m ²]	OZMW for. 5.1 & 5.2 rechter lid						
Bijdrage water in watergang	P	0,00	[kN/m ²]	TRWD paragraaf b1.3.4						
Totaal spanning opmhoog gericht	G	160,20	[kN/m ²]	OZMW for. 5.1 & 5.2 linker lid						
Totaal effectieve korrelspanning bovenliggende grondlagen	$\sum(y_n - y_w) \cdot d_i$	126,01	[kN/m ²]	OZMW for. 5.3 ($d \cdot (y_{nat} - y_w)$)						
Veiligheid tegen opdrijven	SF	1,70	[-]	OZMW for. 5.1 & 5.2						
Veiligheid tegen opdrijven rekenwaarde	$SF = SF / (y_{up} \cdot y_{b,u})$	+1,70	[-]							
Oordeel	$SF > 1$	Voldoet	[-]							
Grenspotential	ϕ_g	+12,60	[m +NAP]	OZMW for. 5.3						



Bijlage 6 Ontwerptekening



Legenda		
Geometrie	Omschrijving	Status
	Bestaande situatie	Bestaand
	Damwand keerwand	Bestaand
	Data transport	Bestaand
	Laagspanning	Bestaand
	Middenspanning	Bestaand
	Gas lage druk	Bestaand
	Water	Bestaand
	Drukriolering	Bestaand
	Riolering vrijverval	Bestaand
Symbool	Omschrijving	Status
	Damwand staal Arcelor AZ 24-700	Bestaand
	Paal lichtmast	Bestaand
	Kast	Bestaand
	Technisch gebouw	Bestaand
	Waterstaatswerk	Bestaand
	Beschermzone A	Bestaand
	Beschermzone B	Bestaand



Opmerkingen

- Maten in meters en dimensies van materialen in mm, tenzij anders aangegeven.
- Coördinaten in RD-stelsel en hoogtematen in meters t.o.v. N.A.P.

1.0	Definitief	JKT	LGR	LGR	30-04-2025
0.1	Eerste uitgave	JKT	LGR	LGR	17-04-2025
versie	wijzigingen	getekend	controle	gezien	datum uitgifte

Aannemersbedrijf Van Agtmaal BV

Havengebied te Oudenbosch

Vervangende waterkering

Situatie- en dwarsprofieltekening

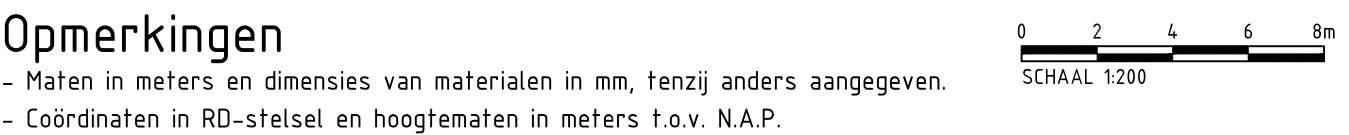
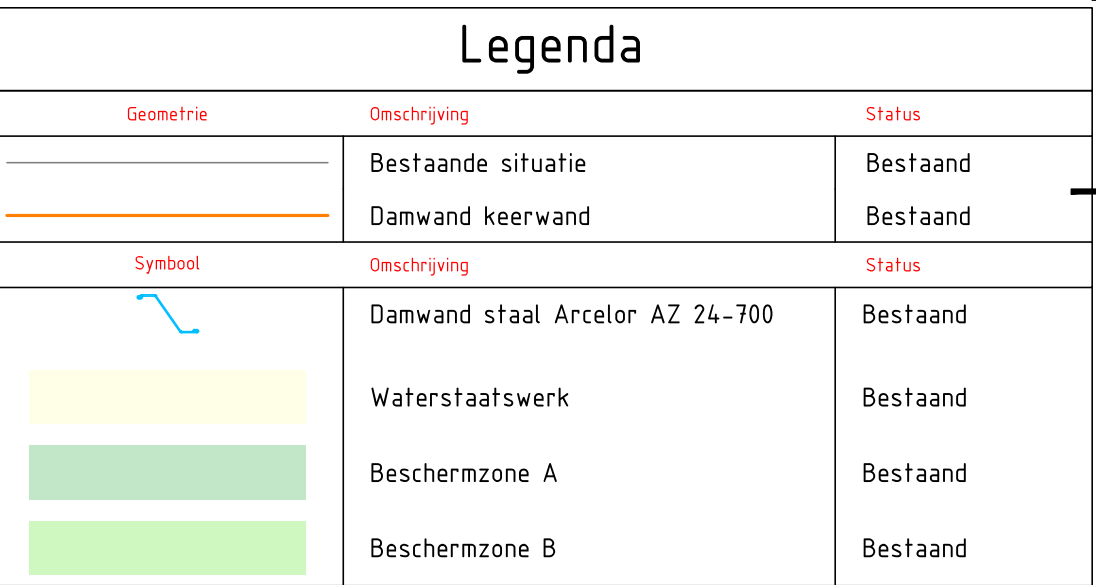
onderzoekt ontwerp adviseert

info@avecqdebondt.nl | Postbus 64, 1450 AB Heteren | +31 88 60 48 232

projectnr.	231242	status	Definitief	schaal	1:200	blad	1	tek.nr.	231242-ADB-TEK-5001
beskernr.		document	TEK	formaat	A1	aantal	1		



Bijlage 7 Tekening leggerwijziging

[illegible]

