

Willem Alexanderhaven

Kerende wanden 3b1, 3c en 3d

<div><div><div>PORT OF ROERMOND</div><div>COÖPERATIEF U.A.</div></div><div></div><div>Port of Roermond Cooperatief U.A.</div><div>A Mijnheerkensweg 33</div><div>6031 TA Roermond</div><div>T -</div></div>			<div><div><div>SBE</div></div><div>SBE Rotterdam</div><div>A Weena 335, 3013 AL Rotterdam (NL)</div><div>T +31 10 745 74 70</div><div>E info@sbe-engineering.nl</div><div>W www.sbe-engineering.com</div></div>		
REV	DATUM	OMSCHRIJVING	IR	CONTR	GOED
1.0	05/03/2025	Eerste uitgave	CVM	GRO	GRO
A					
B					
C					
D					
E					

PROJECT	DOC. TYPE	DISCIPLINE	FASE	DOC. NR	REVISIE
15298	ALG	G	DO	009	1.0

INHOUDSOPGAVE

	Afkortingen	4
1	Inleiding	5
1.1	Achtergrond	5
1.2	Doel van dit document	6
1.3	Gegevens gebruiker	6
1.4	Objectbeschrijving	6
1.4.1	Locatie	6
1.4.2	Bestaande toestand	7
1.4.3	Bestaande bebouwing en verharding	8
1.4.4	Gebruik van het terrein	8
1.5	Toekomstige situatie	9
2	Uitgangspunten	11
2.1	Veiligheidsfilosofie	11
2.1.1	Ontwerplevensduur	11
2.1.2	Gevolg- en risicoklasse	11
2.1.3	Correctie op partiele factoren	11
2.1.4	Partiele factoren	12
2.2	Geometrische uitgangspunten	13
2.2.1	Hoogte damwanden	13
2.2.2	Maaiveldniveau	13
2.2.3	Beschikbare grondonderzoeken	14
2.2.4	Grondlagen	15
2.2.5	Grondprofielen	15
2.3	Hydraulische randvoorwaarden	16
2.3.1	Waterstanden	16
2.3.2	Waterstandscenario's	16
2.4	Belastingen	17
2.4.1	Eigen gewicht kadeconstructie	17
2.4.2	Algemene opslag, verkeer en laad- losactiviteiten	17
2.4.3	Terreinbelasting bouwphase	18
2.4.4	Belasting op de kadeconstructie	18
2.4.5	Verkeersbelasting	18
2.5	Belastingcombinaties	18
2.5.1	Belastingfactoren	18
2.5.2	Combinatiefactoren	18
2.6	Materialen	18
2.6.1	Staal	18
3	Ontwerp	21
3.1	Algemeen	21
3.1.1	Ontwerp nieuwe kerende wand	21
3.2	Ontwerpaspecten	21
3.2.1	Algemeen	21
3.2.2	Vervormingscriteria	21
3.2.3	Invoer parameters	22
3.2.4	Bouwfasering	22

4	Modellering.....	23
5	Resultaten en toetsing.....	24
5.1	Algemeen	24
5.2	Damwand.....	24
5.3	Stabiliteit	24
5.3.1	verticaal evenwicht	24
5.3.2	Horizontaal draagvermogen	24
5.3.3	Algehele stabiliteit	25
5.4	Vervormingscriteria.....	25
6	Detaillering en afwerking	27
6.1	Stalen deksloof.....	27
7	Contextobjecten en raakvlakken.....	28
7.1	Aansluitingen	28
7.2	Bestaande constructies.....	28
7.2.1	Bouwwerken	28
7.3	Kabels en leidingen.....	29
7.3.1	Clash secties 3b1 en 3c.....	30
7.3.2	Clash sectie 3d	31
8	Uitvoeringsaspecten.....	33
8.1	Uitvoeringsvolgorde	33
8.2	Heibaarheid	33
8.3	Drukken van damwanden t.h.v. sectie 3b1	34
8.4	Hinder.....	35
8.5	Kans op schade	36
8.6	Zettingen.....	36
9	Conclusie en aanbeveling.....	38
9.1	Samenvatting ontwerp.....	38
9.2	Aandachtspunten vervolgfases	38
9.2.1	Contract en aanbesteding.....	38
9.2.2	Uitvoering.....	38
	Referenties.....	40
	Bijlagen.....	42
	Bijlage 1 Toetsing D-Sheet piling	42
	Bijlage 2 Toetsing damwand	43
	Bijlage 3 Sonderingen	44

Afkortingen

BGT	Bruikbaarheids grenstoestand – komt overeen met SLS (Serviceability Limit State)
DO	Definitief Ontwerp
IGT	Incidentele grenstoestand – komt overeen met ALS (Accidental Limit State)
UGT	Uiterste grenstoestand – komt overeen met ULS (Ultimate Limit State)
VSP	Voorspanfase
VKA	Voorkeursalternatief

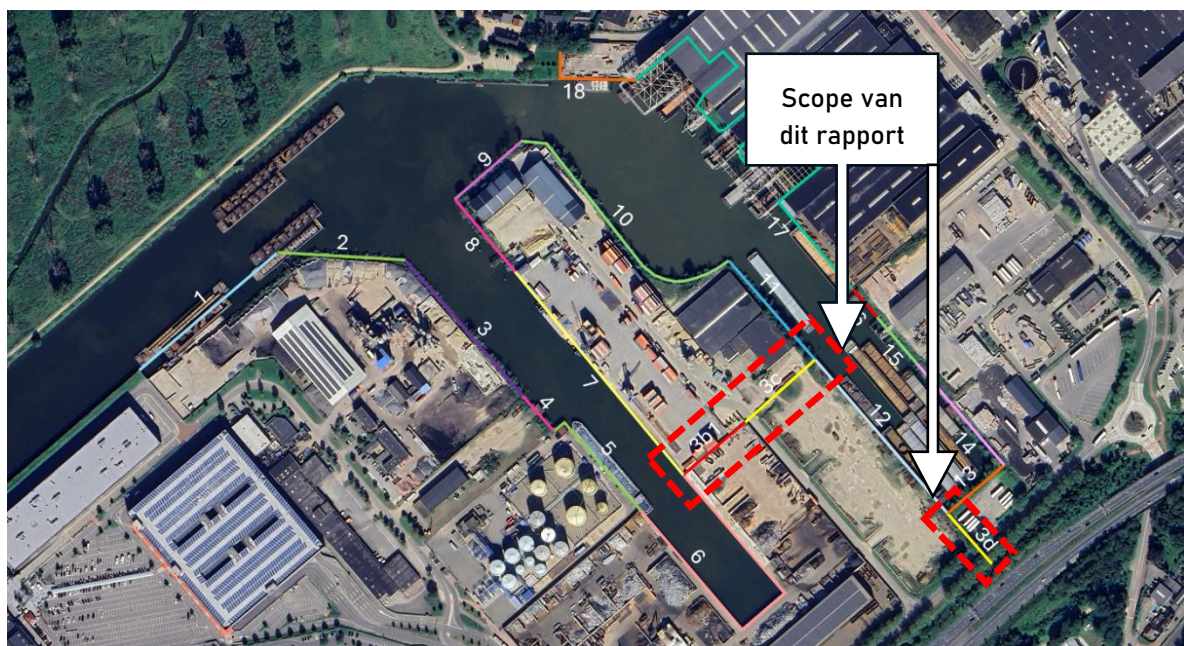
1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Port of Roermond, een collectief van 4 bedrijven aan de Willem-Alexander haven te Roermond (BESIX, Kalle en Bakker, Sif en Smurfit Kappa), heeft de ambitie om de haven te voorzien van een hoogwaterkering welke tevens (deels) functioneert als logistieke kade. Door deze kades kan de haven verder werken aan zijn ambitie als circulaire haven waarbij de Modal Shift (transport over water in plaats van over de weg) optimaal wordt gefaciliteerd. Port of Roermond heeft hiervoor een integraal plan ontwikkeld.

Binnen dit integraalplan zal een deel van de hoogwaterkeringen functioneren als primaire kering en onderdeel worden van het dijktraject Roermond Alexanderhaven (onderdeel van normtraject 76-2). Overige hoogwaterkeringen binnen het integraal plan zijn geen onderdeel van de primaire kering en worden verder aangeduid als maatwerkkering.

Het integraalplan is getoond in Figuur 1.1 en bestaat uit een combinatie van logistieke kaden, in het bestaande talud aan te brengen damwandconstructies (kerende wanden talud) en in het terrein te realiseren kerende wanden.



Figuur 1.1 Overzichtskaart integraalplan Willem-Alexanderhaven

Dit DO gaat nader in op de kerende wanden 3b1, 3c en 3d welke onderdeel uitmaken van de primaire keringen. De wanden 3b1 en 3c komen in het bestaande maaiveld te staan en hebben géén grondkerende functie. Deze dienen enkel als hoogwaterkering. Kerende wand 3d heeft wél een water-én grondkerende functie.

1.2 Doel van dit document

Dit rapport bevat het definitief ontwerp (DO) waarbij de nieuwe kerende wanden (secties 3b1, 3c en 3d) op sterkte en stabiliteit getoetst worden. Dit document is als volgt ingedeeld:

- H 1: Algemene projectbeschrijving met scope en doel van dit document. Objectbeschrijving met de locatie van de beschouwde constructies en een globale beschrijving van de huidige en toekomstige situatie.
- H 2: Definitie van technische en projectspecifieke uitgangspunten, waaronder normen, richtlijnen, en vereisten waaraan de constructie moet voldoen.
- H 3: Beschrijving van het ontwerp met haar input parameters en de uit te voeren controles.
- H 4: Enkele toelichtingen over de modelleringswijze van specifieke ontwerpelementen in de daarvoor gebruikte softwarepakketten.
- H 5: Overzicht van de rekenresultaten en de toetsing van de constructie. Hierbij wordt gekeken naar de sterkte en stabiliteit van de bestaande damwandplanken, verankering en gordingen.
- H 6: Omschrijving van de detaillering en afwerking van de kademuur en kerende wand met onderdelen zoals deksloof en kademeubilair.
- H 7: Beschrijving van de objecten of infrastructuur in de directe omgeving van de constructie die raakvlakken hebben met de constructie zoals gebouwen, naastliggende kademuren, leidingen, wegen, etc.
- H 9: Bespreken van relevante aspecten van de uitvoering, zoals heikbaarheid en mogelijke hinder, logistiek, toegankelijkheid.
- H 9: Conclusie met samenvatting van de belangrijkste resultaten en een overzicht van aandachtspunten.

Een referentielijst en de bijlagen zijn opgenomen achterin in dit document.

1.3 Gegevens gebruiker

De kerende wanden bevinden zich steeds op de perceelgrens van twee bedrijven en heeft dus geen 'gebruiker'. De kerende wanden bevinden zich steeds op de perceelgrens van onderstaande bedrijven:

- 3b1 Kalle en Bakker – Menten
- 3c Kalle en Bakker – Sif
- 3d Sif – Smurfit Westrock

De kerende wanden dienen hoofdzakelijk om de primaire waterkeringslijn te sluiten. De uitvoering van deze kerende wanden heeft raakvlakken met bovenstaande gebruikers. Hier wordt nader op ingegaan in Hoofdstuk 7.

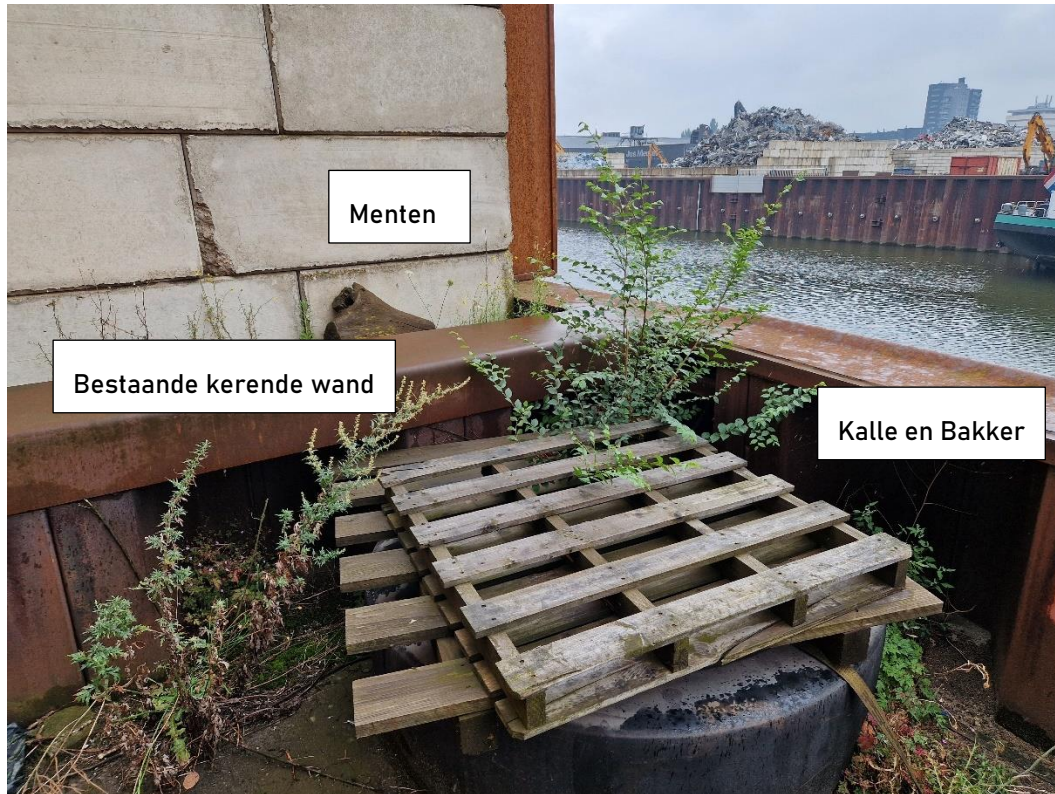
1.4 Objectbeschrijving

1.4.1 Locatie

Het projectgebied Willem-Alexanderhaven is gelegen in de provincie Limburg ten noordwesten van de stadskern van Roermond. De haven ligt aan de oostelijke oever van de Maas, ten noorden van de provinciale weg N280 (Hornerweg / Wilhelminasingel). De projectgrenzen binnen de Willem-Alexanderhaven lopen vanaf het perceel van BESIX-infra Nederland BV (ter hoogte van Maashaven/Schipperswal) tot en met het perceel van SIF (ter hoogte van Mijnheerkens/Roro weg). De Willem-Alexanderhaven is via de Maashaven verbonden met de Maas en bestaat uit de Schippershaven, de Lisbonnehaven en de Mijnheerkenshaven.

1.4.2 Bestaande toestand

Ter hoogte van (toekomstige) kerende wand 3b1 bevindt zich over een deel van de sectie een bestaande damwand. Zie ook Figuur 1.2. Over het geheel van deze sectie is een muur van legioblokken aanwezig, zoals ook op onderstaande figuur zichtbaar. Deze kunnen mogelijk de installatie van de damwand hinderen.



Figuur 1.2 Bestaande keerwand t.h.v. 3b1 – perceelgrens Kalle en Bakker - Menten

Tussen secties 3b1 en 3c ligt de toegangsweg van het perceel Kalle en Bakker. Deze weg wordt gedeeltelijk opgehoogd, zodat deze onderdeel gaat uitmaken van de primaire keringslijn.

Ter hoogte van sectie 3c is gedeeltelijk een hekwerk aanwezig met begroeiing eromheen. Deze dient vermoedelijk verwijderd te worden ter installatie van de kerende wand 3c.

Ter hoogte van sectie 3d is een betonnen keerwand aanwezig. Deze dient eveneens verwijderd te worden ter installatie van de damwand in sectie 3d. De bestaande toestand is weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 1.3 Betonnen keerwand t.h.v. sectie 3d – tussen Sif en Smurfit Westrock

1.4.3 Bestaande bebouwing en verharding

Ter hoogte van sectie 3b1 is er geen bestaande bebouwing in directe nabijheid van de nieuwe kerende wanden. Er is ook geen verharding aanwezig ter plaatse van deze toekomstige damwand tussen de percelen van Kalle en Bakker en Menten. De verharding t.h.v. Kalle en Bakker bestaat uit een elementverharding. Op het perceel van Menten ligt een vloeistofdichte betonnen vloer, welke zijn functie dient te behouden. Derhalve is een trilling arme inbrengmethode hier vereist.

Ter hoogte van sectie 3c bevindt zich een stalen loods van Kalle en Bakker op ca. 20 m afstand. Op de locatie van de toekomstige damwand van sectie 3c is geen verharding aanwezig. Hier is enkel het hekwerk (gedeeltelijk) aanwezig, zoals hierboven reeds vermeld.

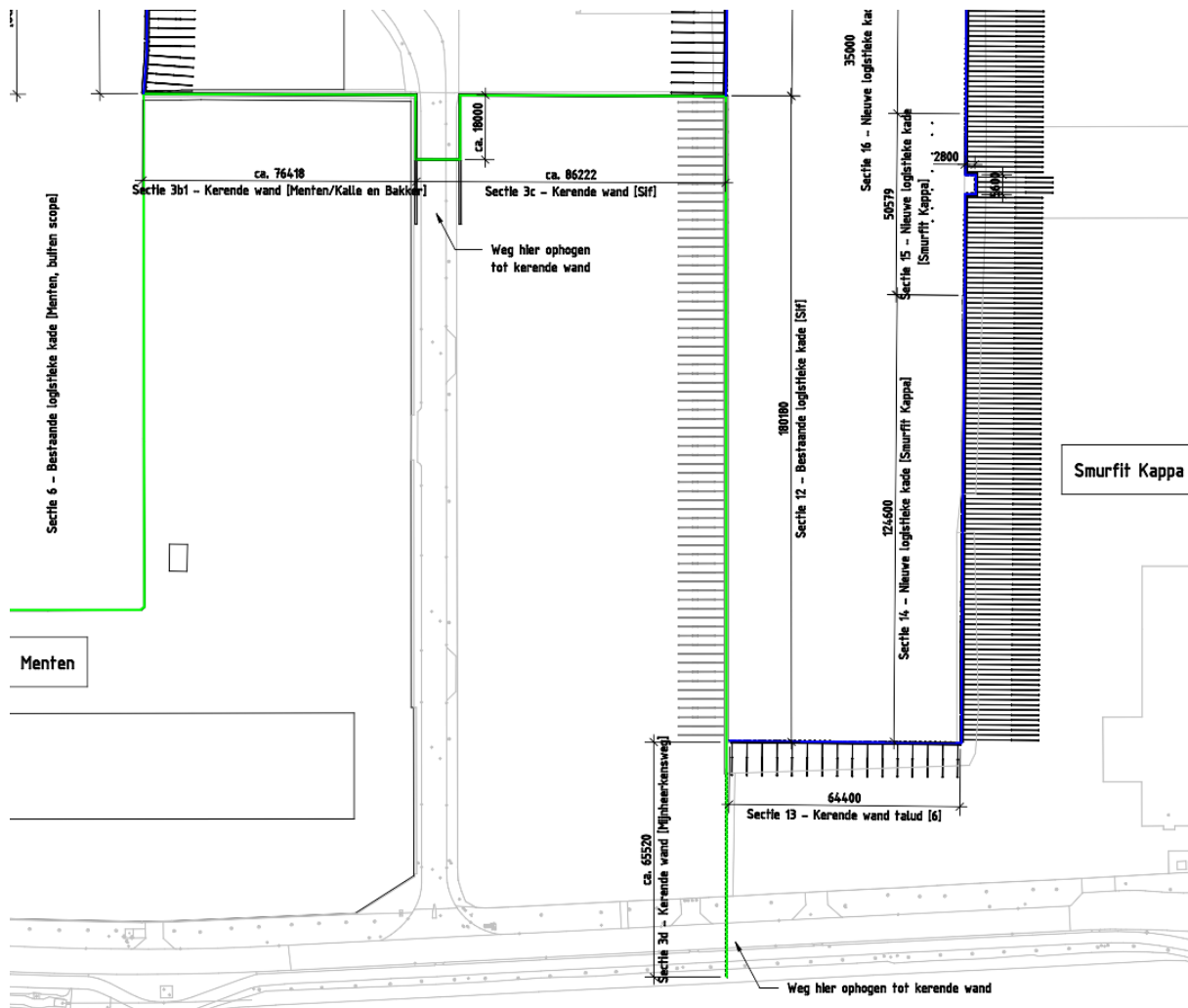
Ter hoogte van sectie 3d is geen bebouwing aanwezig. Op het terrein van Sif is eveneens geen verharding aanwezig. Aan de zijde van Smurfit Westrock bevindt zich een parkeerplaats met betonnen Stelconplaten.

1.4.4 Gebruik van het terrein

Er is geen specifiek gebruik van het terrein behorende bij de kerende wanden 3b1, 3c en 3d. Deze staan op de perceelgrenzen.

1.5 Toekomstige situatie

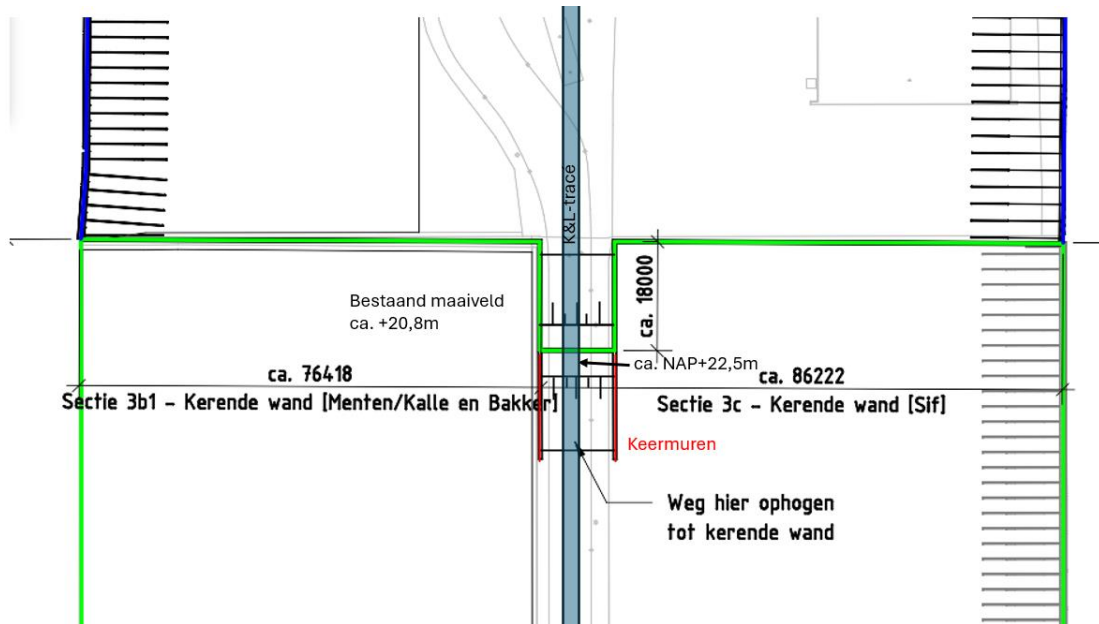
Figuur 1.4 toont een overzicht van de nieuwe kerende wanden. De verschillende secties 3b1, 3c en 3d hebben een lengte van ca. 75 m, 85 m en 65 m respectievelijk. Bovendien is in groen goed zichtbaar hoe de primaire keringslijn loopt. Op de landtong is de verhoging in de toegangsweg ook deel van de primaire kering. De kerende wanden lopen dus ook voor een stuk parallel aan deze toegangsweg. Daarnaast is zichtbaar dat de kerende wand van sectie 3d aansluit op de hoge grond rondom de N280. De Mijnheerkensweg wordt hier tevens opgehoogd en maakt zodoende ook deel uit van de kering.



Figuur 1.4 Toekomstige situatie – kerende wanden secties 3b1, 3c en 3d.

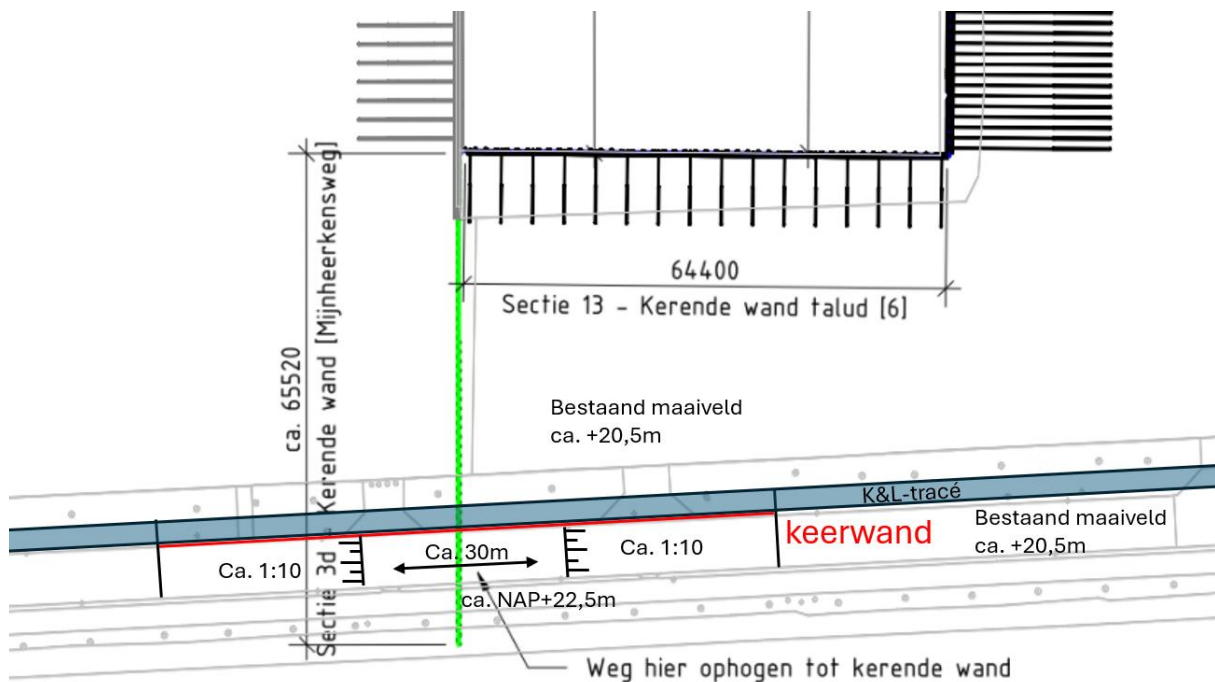
Voor het aanbrengen van de kerende wanden dient er rekening te worden gehouden met de aanwezige kabels en leidingen. Hier wordt nader op ingegaan in §7.3.

Onderstaande figuur geeft een globale indeling van de toekomstige situatie rondom sectie 3b1/3c aan.



Figuur 1.5 Toekomstige situatie rondom secties 3b1/3c

De rode keermuren uit bovenstaande figuur maken geen deel uit van het primaire keringstraject en kunnen van bijvoorbeeld legioblokken worden opgebouwd. Hiermee worden trillingen op het terrein van Menten voorkomen. Het K&L tracé loopt door de damwand heen en dient waterdicht te worden afgesloten, zie ook §7.3.



Figuur 1.6 Toekomstige situatie rondom sectie 3d

De Mijnheerkensweg wordt in een helling van ca. 1:10 opgehoogd naar NAP+22.5 m met een berm van ca. 30 m breed. Merk op dat deze geometrie nog nader afgestemd dient te worden met een verkeerskundige. Parallel aan deze ophoging wordt een keerwand (in rood) voorzien, zodat het maaiveld aan de waterzijde en het K&L tracé niet opgehoogd hoeven te worden. De groene damwand van sectie 3d kruist het K&L tracé, wat waterdicht moet worden uitgevoerd. Zie ook §7.3.

2 Uitgangspunten

De algemene uitgangspunten, randvoorwaarden en eisen voor het integraalplan Willem-Alexanderhaven zijn beschreven in de uitgangspuntennota van dit project [20]. In onderstaande paragrafen wordt een samenvatting van deze uitgangspunten beschreven.

2.1 Veiligheidsfilosofie

2.1.1 Ontwerplevensduur

De ontwerplevensduur van de kerende wand is 100 jaar [14]. Hierbij behoort zichtjaar 2125 m.b.t. de aan te houden waterstanden.

Zoals vermeld maken de kerende wanden deel uit van de primaire keringen. De constructie dient te voldoen aan de eisen van het Waterschap Limburg, §2.2 van [14].

2.1.2 Gevolg- en risicoklasse

Voor toetsing conform het Bouwbesluit dienen de betrouwbaarheids- en gevolgklassen RC2/CC2 – en daarmee een minimale betrouwbaarheid over de gehele levensduur van $\beta_{eis;bouwbesluit;levensduur} = 3,8$ – te worden aangehouden.

De keuze van de betrouwbaarheids- en gevolgklassen heeft tot gevolg dat er een verhoging van de partiële materiaalfactoren benodigd is.

2.1.3 Correctie op partiele factoren

De ontwerplevensduur van de constructie is gelijk aan 100 jaar ($\beta = 3,8$), terwijl de standaard referentieperiode gelijk is aan 50 jaar ($\beta = 3,6$). Om te corrigeren voor de langere levensduur dienen correctiefactoren te worden toegepast op de partiële materiaalfactoren (grondsterkte en staalsterkte), zie [9], paragraaf 2.4.7.

Het verschil in betrouwbaarheidsindex dient te worden vertaald tot een verhoging van de materiaalfactoren volgens onderstaande formule [9]:

$$\gamma_{m;corr} = e^{\alpha_R(\beta_N - \beta_{Ref})\sqrt{\ln(1+V_R^2)}}$$

Waarin:

$\gamma_{m;corr}$ = correctiefactor op materiaalfactor

α_R = invloedsfactor voor onzekerheid sterkte = 0,8

β_N = betrouwbaarheidsindex voor referentieperiode langer dan 50 jaar

β_{Ref} = betrouwbaarheidsindex voor referentieperiode van 50 jaar

V_R = variatiecoëfficiënt sterkte

De materiaalafhankelijke variatiecoëfficiënten zijn:

- voor staal: $V_R = 0,10$

- voor beton: $V_R = 0,20$
- voor hout: $V_R = 0,20$
- voor grond – effectieve cohesie c' : $V_R = 0,20$ (NEN-EN 1997-1, tabel 2.b)
- voor grond – hoek van inwendige wrijving φ' : $V_R = 0,10$ (NEN-EN 1997-1, tabel 2.b)

Bij toetsing van de materiaalsterkte dienen de materiaalfactoren daarom als volgt te worden verhoogd:

- voor staal: $\gamma_{m;corr} = 1,02$
- voor beton: $\gamma_{m;corr} = 1,03$
- voor hout: $\gamma_{m;corr} = 1,03$
- voor grond – effectieve cohesie c' : $V_R = 1,03$
- voor grond – hoek van inwendige wrijving φ' : $V_R = 1,02$

Bovenstaande correctiefactoren worden voor de eindfase ($t = 100$ jaar) in rekening gebracht.

2.1.4 Partiele factoren

Tabel 2.1 Partiele factoren

Partiële factor	Symbol	RC0	RC2
Permanente last, ongunstig (GEO)	$\gamma_{G,ongunstig}$	1,00	1,00
Permanente last, gunstig (GEO)	$\gamma_{G,gunstig}$	1,00	1,00
Variabele last, ongunstig (GEO)	$\gamma_{Q,ongunstig}$	1,00	1,10
Variabele last, gunstig (GEO)	$\gamma_{Q,gunstig}$	0,00	0,00
Permanente last, ongunstig (STR)	$\gamma_{G,ongunstig}$	1,00	1,35
Permanente last, gunstig (STR)	$\gamma_{G,gunstig}$	1,00	0,90
Variabele last, ongunstig (STR)	$\gamma_{Q,ongunstig}$	1,00	1,30
Variabele last, gunstig (STR)	$\gamma_{Q,gunstig}$	0,00	0,00
Hoek v inwendige wrijving ($\tan \varphi$) (DW)	$\gamma_{\tan;\varphi'}$	1,00	1,199
Effectieve cohesie (DW)	$\gamma_{c'}$	1,00	1,288
Mod of sub reactions		1,00	1,326
Hoek v inwendige wrijving (STAB)	$\gamma_{\varphi'}$	1,00	1,275
Effectieve cohesie (STAB)	$\gamma_{c'}$	1,00	1,494
Volumieke massa (STAB)	$\gamma_{\gamma'}$	1,00	1,00
Rep. Waarde van M, D en P_{max}	γ_G	1,00	1,20
Kerende hoogte (max)	Δa_{GL}	0%	10% (0,5 m)
Waterstand passief	$\Delta a_{WL,p}$	0,00	0,25 m
Waterstand actief	$\Delta a_{WL,a}$	0,00	0,05 m

2.2 Geometrische uitgangspunten

2.2.1 Hoogte damwanden

De hoogte van de nieuwe kerende wanden (secties 3b1, 3c en 3d) wordt afgestemd op het hydraulisch belastingniveau voor het zichtjaar 2125.

Tabel 2.2 Hoogte primaire kering 3b1, 3c en 3d

Sectie	Naam	Hydraulisch belasting-niveau 2075 [m+NAP]	Hydraulisch belasting-niveau 2125 [m+NAP]	Oriëntatie normaal kering [°N]	Hoogte kering [m+NAP]
3b1	Kerende wand [Menten/K en B]	Conform VKA		315	+22,40
3c	Kerende wand [Sif]	Conform VKA		315	+22,40
3d	Kerende wand [Mijnheerkensweg]	Conform VKA		45	+22,30

2.2.2 Maaiveldniveau

Een overzicht van maaiveldhoogtes op basis van AHN4 is gegeven in Figuur 2.1. Het maaiveldniveau in AHN4 is ietwat verstoord door de aanwezige containers, opslag van bulkgoederen, begroeiing, etc. Derhalve worden onderstaande maaiveldniveaus aangehouden in het ontwerp van de kerende wanden o.b.v. de meest voorkomende data uit AHN4 en de uitgangspuntennota [20].

- Sectie 3b1 o.b.v. AHN4 – praktisch 0,5 m verschil aangenomen
 - o Zijde Kalle en Bakker NAP+20,8 m
 - o Zijde Menten NAP+20,8 m → NAP+20,3 m
- Sectie 3c o.b.v. uitgangspunten 1,5 m kerende hoogte
 - o Zijde Kalle en Bakker NAP+20,5 m
 - o Zijde Sif NAP+22,0 m
- Sectie 3d o.b.v. uitgangspunten 1,5 m kerende hoogte
 - o Zijde Sif NAP+22,0 m
 - o Zijde Smurfit Westrock NAP+20,5 m



Figuur 2.1 Hoogte maaiveld op basis van AHN4 t.h.v. secties 3b1 en 3c.

De hoogtes die zullen worden aangehouden voor het damwandontwerp zijn hieronder nogmaals samengevat in Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Hoogte maaiveld in huidige situatie en toekomstige situatie

Sectie	Naam sectie	Hoogte kering [m+NAP]	Hoogte maaiveld	
			Landzijde ^(a) [m+NAP]	Waterzijde ^(b) [m+NAP]
3b1	Kerende wand [Menten/K en B]	+22,40	+20,3	+20,8
3c	Kerende wand [Sif]	+22,40	+22,0	+20,5
3d	Kerende wand [Mijnheerkensweg]	+22,30	+22,0	+20,5

(a) Met de landzijde wordt de zijde achter de primaire keringslijn bedoeld, "de beschermde zijde"

(b) Hoogte van het maaiveld die in het ontwerp van de damwandconstructie wordt aangehouden.

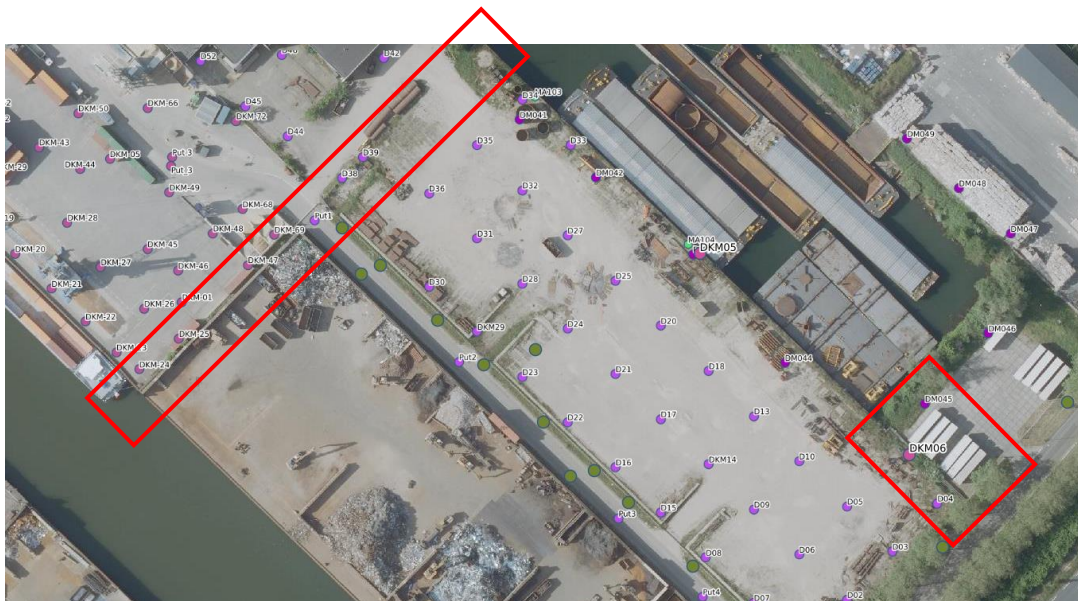
De keerwanden 3b1 en 3c worden ook onderworpen aan een (hoog) maaiveldpeil van NAP+22,4 m t.h.v. de toegangsweg. Deze situatie is getoetst i.c.m. een uniforme terreinbelasting van 30 kPa en is niet maatgevend t.o.v. de hier onderzochte situatie (lager maaiveld i.c.m. hogere belasting). Derhalve wordt dit hier niet verder uitgewerkt.

2.2.3 Beschikbare grondonderzoeken

Een overzicht van de beschikbare boringen en sonderingen is gegeven in de Tabel 2.4 en in de overzichtskaart in Figuur 2.2.

Tabel 2.4 Beschikbare historische grondonderzoeken

Uitvoerder	Opdrachtnummer	Jaar	Referentie
Inpijn-Blokpoel	22Z91423-RG-01	2023	[24]
Inpijn-Blokpoel	02P005243	2014	[25]
Inpijn-Blokpoel	VH-1561-A	2007	[26]



Figuur 2.2 Beschikbare sonderingen rondom kerende wanden 3b1, 3c en 3d

2.2.4 Grondlagen

Er wordt onderscheid gemaakt in een aantal grondlagen met bijbehorende karakteristieke grondparameters doorheen het gehele projectgebied. Vervolgens wordt de grondlagenopbouw per sectie gepresenteerd in §2.2.5 Dit zijn de karakteristieke waarden van grondparameters ten behoeve van het ontwerp van damwand-constructies, hieronder weergegeven in Tabel 2.5. De karakteristieke waarden zijn ontleend aan [5], Tabel 2.b en [9], Tabel 3.10.

Tabel 2.5 Aanwezige grondlagen inclusief grondparameters.

LaagID	Lithologie	γ_d [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]	c_u [kPa]	k_{h1} [kN/m ³]	k_{h2} [kN/m ³]	k_{h3} [kN/m ³]
1A	KLEI, schoon, slap	14	14	0	17,5	25	2000	800	500
1B	KLEI, schoon, matig	17	17	5	17,5	50	4000	2000	800
1C	KLEI, zwak zandig, slap	15	15	0	22,5	40	2000	800	500
1D	KLEI, zwak zandig, matig	18	18	5	22,5	80	4000	2000	800
2A	ZAND, schoon, los	17	19	0	30,0	-	12000	6000	3000
2B	ZAND, schoon, matig	18	20	0	32,5	-	20000	10000	5000
2C	ZAND, schoon, vast	19	21	0	35,0	-	40000	20000	10000
2D	ZAND, zwak siltig	18	20	0	27,0	-	12000	6000	3000
2E	ZAND, sterk siltig	18	20	0	25,0	-	8000	4000	2000
3A	GRIND, zwak siltig, matig	18	20	0	35,0	-	80000	40000	20000
3B	GRIND, zwak siltig, vast	19	21	0	37,5	-	80000	40000	20000

Er is geconstateerd dat bij veel van de beschikbare sonderingen wrijvingsgetallen ontbreken. Daarnaast is het aantal beschikbare boringen beperkt. Om toch tot een veilig ontwerp te komen, zijn in de onderstaande grondprofielen conservatieve aannames gedaan. Extra grondonderzoek kan bijdragen aan een geoptimaliseerd ontwerp

2.2.5 Grondprofielen

Op basis van het beschikbare grondonderzoek is per sectie een grondprofiel opgesteld ten behoeve van het ontwerp van de damwandconstructie. Dit grondprofiel is weergegeven in Tabel 2.6. Er is aangegeven welke sonderingen zijn geraadpleegd en welke sondering als maatgevend is beschouwd. De relevante grondparameters zijn terug te vinden in Tabel 2.5.

Tabel 2.6 Grondprofiel t.b.v. ontwerp sectie 3b1 – kerende wand

Sectie	Naam sectie	Sonderingen geraadpleegd	Sondering maatgevend	LaagID	B.k. grondlaag [m+NAP]	Grondsoort
3b1	Kerende wand [Menten/ K en B]	DKM-24	DKM-69	2A	maaiveld	Zand, schoon, los
		DKM-25		1C	+17.40	Klei, zz, slap
		DKM-47		2B	+15.30	Zand, schoon, matig
		DKM-69		3A	+13.80	Grind, zs, matig

Tabel 2.7 Grondprofiel t.b.v. ontwerp sectie 3c – kerende wand

Sectie	Naam sectie	Sonderingen geraadpleegd	Sondering maatgevend	LaagID	B.k. grondlaag [m+NAP]	Grondsoort
3c	Kerende wand [Sif]	D-38	D-38	2A	maaiveld	Zand, schoon, los
		D-39		1C	+17.70	Klei, zz, slap
		D-42		2A	+15.20	Zand, schoon, los
		DM040		3A	+13.00	Grind, zs, matig

Tabel 2.8 Grondprofiel t.b.v. ontwerp sectie 3d – kerende wand

Sectie	Naam sectie	Sonderingen geraadpleegd	Sondering maatgevend	LaagID	B.k. grondlaag [m+NAP]	Grondsoort
3d	Kerende wand [Mijnheerken sweg]	DKM-06	D-04	2A	maaiveld	Zand, schoon, los
		DM045		1C	+18.80	Klei, zz, slap
		D-04		3A	+15.50	Grind, zs, matig

2.3 Hydraulische randvoorwaarden

2.3.1 Waterstanden

Kenmerkende waterstanden voor het ontwerp van damwandconstructies zijn gegeven in Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Kenmerkende waterstanden

Waterstand	Symbool	Niveau [m+NAP]
Buitenwaterstand	BWS	+16,70
Maatgevend laagwater	MLW	+13,30
Waterstand bij norm 2125	WBN2125	+22,10
Waterstand bij norm 2075	WBN2075	+21,70

Merk op dat bovenstaande waterstanden gelden voor een typische kadeconstructie binnen dit project, met een vrije waterspiegel aan de passieve zijde. Hier betreft het een kerende wand in den droge (onder normale omstandigheden). De buitenwaterstand en het maatgevend laagwater zijn hier derhalve niet van toepassing.

2.3.2 Waterstandscenario's

Waterstandscenario's voor het ontwerp van damwandconstructies zijn gegeven in [14]. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen normaal gebruik en extreme situaties. Tijdens het normaal gebruik wordt de grondwaterstand aan beide zijden van de damwand gelijk genomen aan BWS+1,55 m = NAP+18.25 m.

Voor extreme situaties worden enkel 3. Val na MHW en 4. waterstand bij norm (MHW) beschouwd. Aangezien er geen vrije waterspiegel is, wordt de val naar ELW niet beschouwd.

De eventueel aanwezige waterspanningsverschillen worden over de kleilaag geïnterpoleerd, opdat de waterspanningen aan de teen van de damwand weer gelijk zijn aan elkaar.

Tabel 2.10 Waterstandscenario's

Scenario	Grondwaterstand "waterzijde" [m+NAP]	Grondwaterstand "landzijde" [m+NAP]
Normaal gebruik		
1. Waterstand bij normaal gebruik	BWS +1,55 m +18,25	BWS +1,55 m +18,25
Ontwerpsituaties		
2. Val naar extreem laagwater	n.v.t.	n.v.t.
3. Val na maatgevend hoogwater	maaiveld	maaiveld
4. Waterstand bij norm	WBN2125 / WBN2075 +22,10 / +20,75	maaiveld

De vervormingen worden getoetst in het scenario onder 'normaal gebruik'. De ontwerpsituaties worden als IGT gezien en behoren niet tot de vervormingscontrole.

2.4 Belastingen

Voor de belastingen op de kerende wanden worden de terreinbelastingen van de achtergelegen percelen aangehouden conform de uitgangspuntennota [20]. Deze belastingen dienen te worden afgestemd met de eindgebruiker van het terrein.

Voor het perceel van Menten zijn geen gegevens bekend omtrent de terreinbelasting. Hier wordt gelijk aan voor Kalle en Bakker een terreinbelasting van 55 kPa aangehouden (opslag containers 4 hoog).

2.4.1 Eigen gewicht kadeconstructie

Het eigen gewicht van de kadeconstructie inclusief deksloof, wrijfhout en overige objecten op de kadeconstructie wordt verwaarloosd in berekeningen.

2.4.2 Algemene opslag, verkeer en laad- losactiviteiten

De gehele kade wordt gebruikt voor algemene opslag, verkeer en toekomstige laad- en losactiviteiten. Hiervoor worden de maatgevende terreinbelastingen van de aangrenzende percelen toegepast. Deze worden geplaatst aan de actieve zijde van de damwand. Volgens onderstaand overzicht:

Tabel 2.11 Aangehouden terreinbelastingen op kerende wanden o.b.v. aangrenzende percelen

Sectie	Actieve zijde op perceel	Aangehouden terreinbelasting q_k [kPa]
3b1	Kalle en Bakker / Menten	55
3c	Sif	50
3d	Sif	50

De keerwanden 3b1 en 3c worden ook onderworpen aan een (hoog) maaiveldpeil van NAP+22,4 m t.h.v. de toegangsweg. Deze situatie is getoetst i.c.m. een uniforme terreinbelasting van 30 kPa en is niet maatgevend t.o.v. de hier onderzochte situatie (lager maaiveld i.c.m. hogere belasting). Derhalve wordt dit hier niet verder uitgewerkt.

2.4.3 Terreinbelasting bouwphase

Voor terreinbelasting in de bouwphase wordt een bovenbelasting van 10 kPa aangehouden.

2.4.4 Belasting op de kadeconstructie

Externe belastingen ten gevolge van overslagvoorzieningen die direct op de kerende wand aangrijpen zijn niet toelaatbaar.

2.4.5 Verkeersbelasting

Indien er een verkeersweg aanwezig is, dient er conform [14], paragraaf 8.5 een bovenbelasting van 20 kPa te worden aangehouden op de locatie van de verkeersweg. Dit is hier niet het geval en bovendien niet maatgevend t.o.v. de terreinbelasting van 50/55 kPa.

2.5 Belastingcombinaties

2.5.1 Belastingfactoren

Conform NEN-EN 9997-1 [5], Bijlage A.3 gelden de in Tabel 2.12 gegeven partiële factoren voor belastingen.

Tabel 2.12 Partiële factoren voor belastingen

Belasting		Symbool	Combinatie					
			RC1	A1 RC2	RC3	A2 (damwand) RC1	RC2	RC3
Permanent	Ongunstig	γ_G	1,2	1,35	1,5	1,0	1,0	1,0
	Gunstig		0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0
Veranderlijk	Ongunstig	γ_Q	1,35	1,5	1,65	1,0	1,1	1,25
	Gunstig		0	0	0	0	0	0

Conform CUR 211, Tabel 6.6 (noot d) wordt een partiële factor van 1,3 aangehouden voor een veranderlijke horizontale belasting (haalpenbelasting). Dit is hier niet van toepassing.

2.5.2 Combinatiefactoren

Het is niet mogelijk dat er meerdere veranderlijke belastingen gelijktijdig optreden, waarbij de terreinbelasting de enige veranderlijke belasting is. Er hoeven geen combinatiefactoren ψ_0 te worden toegepast op basis van CUR 211.

2.6 Materialen

2.6.1 Staal

De materiaaleigenschappen van staal conform NEN-EN 1993-1-1 zijn gegeven in Tabel 2.9 waarin:

f_y = vloeigrens staal

f_u = treksterkte staal

Tabel 2.13 Materiaaleigenschappen staal

Staalsoort	t < 40 mm		40 mm < t < 80 mm	
	f_y	f_u	f_y	f_u
	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
S235	235	360	215	360
S275	275	390	255	370
S355	355	490	335	470
S420 N/NL	420	520	390	520

Voor corrosiesnelheden worden de richtwaarden uit [8], Tabel 9.2 en Tabel 9.3 aangehouden. Waarden voor aantasting van damwanden in bodem en ophogingen zijn opgenomen in Tabel 2.14. Waarden voor aantasting van damwanden in zoet en zout water zijn opgenomen in Tabel 2.14.

Tabel 2.14 Aantasting in [mm] van damwanden in bodem en ophogingen met of zonder grondwater (per blootgestelde zijde)

Omstandigheid	Beoogde levensduur [jaar]				
	5 ^{c)}	25 ^{c)}	50	75	100
Ongeroerde, schone bodem	0,00	0,30	0,60	0,90	1,20
Verontreinigde bodem, geroerde grond	0,15	0,75	1,50	2,25	3,00
Zure bodem (veen, moeras)	0,20	1,00	1,75	2,50	3,25
Onverdichte aanvullingsgrond (klei, zand) ^(b)	0,18	0,70	1,20	1,70	2,20
Onverdicht, agressief ophoogmateriaal ^(b)	0,50	2,00	3,25	4,50	5,75

(a) Uit NEN-EN 1993-5. Genoemde waarden zijn ter oriëntatie. Werkelijke waarden zijn afhankelijk van lokale omstandigheden.

(b) Corrosiesnelheden zijn in verdichte ophogingen lager dan in onverdichte ophogingen. Voor verdichte ophogingen moeten de gegeven waarden door 2 gedeeld worden.

(c) Getallen voor 5 jaar en 25 jaar zijn gebaseerd op metingen. De overige waarden zijn geëxtrapoleerd.

Tabel 2.15 Aantasting in [mm] van damwanden in zoet en zout water (per blootgestelde zijde)

Omstandigheid	Beoogde levensduur [jaar]				
	5 ^{c)}	25 ^{c)}	50	75	100
Schoon, zoet water (rond de waterlijn)	0,15	0,55	0,90	1,15	1,40
Sterk verontreinigd zoet water (rond de waterlijn)	0,30	1,30	2,30	3,30	4,30
Zout water in gematigd klimaat (spatzone en laagwaterzone)	0,55	1,90	3,75	5,60	7,50
Zout water in gematigd klimaat (permanent onderwaterzone)	0,25	0,90	1,75	2,60	3,50

(a) Uit NEN-EN 1993-5. Genoemde waarden zijn ter oriëntatie. Werkelijke waarden zijn afhankelijk van lokale omstandigheden.

(b) In water met getijdebeweging treden de hoogste corrosiesnelheden op ter hoogte van de spatzone en de laagwaterzone.

(c) Getallen voor 5 jaar en 25 jaar zijn gebaseerd op metingen. De overige waarden zijn geëxtrapoleerd.

Op basis van Tabel 2.14 en Tabel 2.15 worden de in Tabel 2.16 gegeven corrosiesnelheden per zone aangehouden.

Tabel 2.16 Aan te houden corrosiesnelheden per zone

Zone	Bovenkant zone [m+NAP]	Corrosiesnelheid	
		Waterzijde	Landzijde
Bodemzone	+12,00	1,20 mm/100 jaar	1,20 mm / 100 jaar

Voor de damwand wordt uitgegaan van het toepassen van overdikte van het staal in plaats van het toepassen van corrosiebescherming.

3 Ontwerp

3.1 Algemeen

3.1.1 Ontwerp nieuwe kerende wand

De nieuwe kerende wanden worden ontworpen als onverankerde damwandconstructie. De bovenzijde van de damwand wordt afgewerkt met een stalen deksloof. Er wordt vanuit gegaan dat het maaiveld aan weerszijden van de damwand met een verharding wordt afgewerkt, zodat toekomstige ontgrondingen niet kunnen optreden.

3.2 Ontwerpaspecten

3.2.1 Algemeen

De toetsing van de damwandconstructie wordt uitgevoerd conform [13]. De te toetsen onderdelen zijn:

- Damwand
 - Opname snedekrachten (moment, dwarskracht, normaalkracht) inclusief corrosie
 - Knik (indien relevant)
- Stabiliteit
 - Verticaal evenwicht (n.v.t. – verticale krachten verwaarloosbaar)
 - Horizontaal draagvermogen
 - Algehele stabiliteit
- Vervormingen
- Dekslloof
- Algehele stabiliteit

De geometrische toeslagen die in D-Sheet Piling worden toegepast conform [8] zijn gegeven in Tabel 3.1. De hier behandelde kade valt onder 'nieuwbouw'.

Tabel 3.1 Tabel 3-3: Geometrische toeslagen

Geometrie parameter	Toeslag nieuwbouw	Toeslag bestaand
Kerende hoogte	10% ^(a)	10% ^(a)
Waterstand, passieve zijde	0,25 m	0,19 m
Waterstand, actieve zijde	0,05 m	0,05 m

(a) Voor de toeslag op de kerende hoogte geldt een maximum van 0,5 m voor nieuwbouw en 0,27 m voor bestaande constructies.

3.2.2 Vervormingscriteria

De maximale doorbuiging van de damwandconstructie dient niet meer te bedragen dan 1% van de kerende hoogte. De kerende hoogte van de damwand wordt hierbij gelijkgesteld aan de bovenkant van de damwand minus de bovenkant van de bodem vóór de damwand. Bovendien geldt er een maximum van 50 mm.

3.2.3 Invoer parameters

In Tabel 3.2 zijn de invoergegevens voor de damwand gegeven.

Tabel 3.2 Invoer parameters damwand

Kerende wanden				
		Sectie 3b1	Sectie 3c	Sectie 3d
Planktype	-	AZ18-700	AZ18-700	AZ18-700
Niveau top	m NAP	+22,4	+22,4	+22,3
Niveau teen	m NAP	+16,0	+14,0	+12,5
Planklengte	m	6,4	8,4	9,8
Staalsoort	-	S355 GP	S355 GP	S355 GP
Elasticiteitsmodulus (E)	N/mm ²	210.000	210.000	210.000
Doorsnedeklasse	-	3	3	3

3.2.4 Bouwfasering

De volgende bouwfasering wordt aangehouden:

Tabel 3.3 Bouwfasering Sectie 3b1, 3c en 3d

Nr	Fase	Terrein [kPa]	Water Haven	[mNAP] Land	CC/RC
1	Aanbrengen damwand	-	18,25	18,25	CC0/RC0
2	Terreinbelasting	55	18,25	18,25	CC2/RC2
3	Hoog water – korte termijn	-	22,10	18,25	CC2/RC2
4	Hoog water – lange termijn	-	22,10	20,30	CC2/RC2
5	Val na MHW	-	20,80	20,30	CC2/RC2
6	Val na MHW + terreinbelasting $\times \psi_0$	38,50	20,80	20,30	CC2/RC2

Fase 1 betreft de bouwfase en wordt doorgerekend in RC0/CC0. De gebruiksfase (fase 2) en de extreme situaties (fase 3 t/m 6) worden doorgerekend in RC2/CC2. De terreinbelasting uit bovenstaande tabel is afkomstig van sectie 3b1. Merk op dat de terreinbelasting voor secties 3c en 3d iets afwijkt van bovenstaande tabel met $q_k = 50$ kPa.

4 Modelling

De kerende wanden worden gemodelleerd in D-Sheet Piling v23.1. Er is geen aanvullende informatie vereist omtrent de modellering van de kerende wanden.

5 Resultaten en toetsing

5.1 Algemeen

De geotechnische- en sterktoetsingen worden conform vigerende normen CUR166 deel 1+2, EC7 en EC3-5 uitgevoerd.

5.2 Damwand

Een volledige uitdraai van de controle van het damwandprofiel is opgenomen in Bijlage 2. Hierbij wordt aangenomen dat de maatgevende snedekrachten gelijktijdig optreden. Dit is een conservatieve benadering.

De kniktoets van de damwand is niet relevant, aangezien er geen axiale drukkracht in de damwand optreedt. Merk op dat er een beperkte drukkracht in de damwand kan optreden t.g.v. kleeftkrachten actieve wig, maar dat deze niet aan een kniktoets onderhevig zijn.

In Tabel 5.1 is een samenvatting weergegeven van de structurele toetsing van het damwandprofiel.

Tabel 5.1 Overzicht toetsing snedekrachten damwandprofiel

Sectie	M _{ED} [kNm/m]	V _{ED} [kN/m]	N _{ED} [kN/m]	U.C.
3b1	55	40	0	0,11
3c	155	140	0	0,31
3d	315	215	0	0,64

De volledige toetsing is bijgevoegd in Bijlage 2.

5.3 Stabiliteit

5.3.1 verticaal evenwicht

Het verticaal evenwicht is niet expliciet gecontroleerd, omdat er geen significante verticale belastingen optreden op de damwand. Gegeven de grote inbedding en kleine kerende hoogte van de damwanden, is er weinig negatieve kleeft en veel capaciteit om positieve kleeft te genereren.

5.3.2 Horizontaal draagvermogen

In Tabel 5.2 is het percentage van de gemobiliseerde passieve grondweerstand in de maatgevende fase(n) weergegeven.

Tabel 5.2 Overzicht gemobiliseerde passieve weerstand

Sectie	Fase	Gemobiliseerde weerstand [%]
3b1	4	69
3c	6	89
3d	6	68

5.3.3 Algehele stabiliteit

In Tabel 5.3 is de algehele stabiliteit van de maatgevende fase(n) weergegeven.

Tabel 5.3 Overzicht algehele stabiliteit in maatgevende fase

Sectie	Fase	Veiligheidsfactor [-]
3b1	6	2,12
3c	6	2,29
3d	6	2,90

5.4 Vervormingscriteria

De maximale horizontale verplaatsing in de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT) dient kleiner of gelijk te zijn aan 1% van de kerende hoogte met een maximum van 50 mm conform de eisen van het Waterschap Limburg [15].

Tabel 5.4 Controle vervorming per sectie

Sectie	Maaiveld actief [m NAP]	Maaiveld passief [m NAP]	H _{kerend} [m]	δ _x [mm]	δ _{gebruik} [mm]	Opmerking
3b1	+20,80	+20,30	0,50	5	6,2	NIET OK
3c	+22,00	+20,50	1,50	15	9,2	OK
3d	+22,00	+20,50	1,50	15	18,9	NIET OK

De vervormingen die optreden bij de kerende wanden voldoen volgens de theorie niet. Ze overschrijden de grens van 1% van de kerende hoogte.

Deze grens is erg streng, gegeven de beperkte kerende hoogte van de kerende wanden. De overschrijding op de grenswaarde is voor secties 3b1 en 3d gelijk aan 1 en 4 mm respectievelijk. Dit is erg minimaal waarbij wordt opgemerkt dat de kerende wand zijn functie behoudt. De beperkte overschrijding wordt als acceptabel geacht.

5.5 Overige mechanismes

5.5.1 Piping

Conform de CUR 166 (1^e deel) §3.3.11 dient de controle op piping uitgevoerd te worden. Echter, de damwand heeft aan beide zijden geen actief waterpeil (boven maaiveldniveau) in de normale gebruik scenario's. De grondwaterstand is aan beide zijden van de damwand gelijk, waardoor er geen waterstandsverschil aanwezig is die een fenomeen als piping kan introduceren. Hierdoor wordt geconcludeerd dat piping geen problemen vormt voor de kerende wanden.

In de extreme ontwerpsituaties kan er wel een actief waterpeil heersen tijdens 'waterstand bij norm' (NAP+22,1 m). De kerende wanden staan alle in een kleilaag, welke de grondwaterstroming sterk afremt. Zeker op korte termijn (wat geldig is bij deze ontwerptoestand) zullen er geen significante waterstandsverschillen optreden onder deze kleilaag. Hierdoor is het risico op piping of onderloopsheid zeer beperkt.

Ter hoogte van sectie 3d bestaat de kans wel op achterloopsheid van de damwand, omdat deze grond(water)stroming boven de kleilaag heen kan optreden.

In dit geval heerst er een waterpeil van NAP+22,1 m aan de buitendijkse zijde van de keerwand 3d. Aan de binnendijkse zijde is dit gelijk aan het maaiveldpeil conform Tabel 2.10 (NAP+20.5 m). Het waterstandsverschil is hiermee gelijk aan 1,6 m. Om de controle op piping uit te voeren, wordt de Methode van Lane gehanteerd:

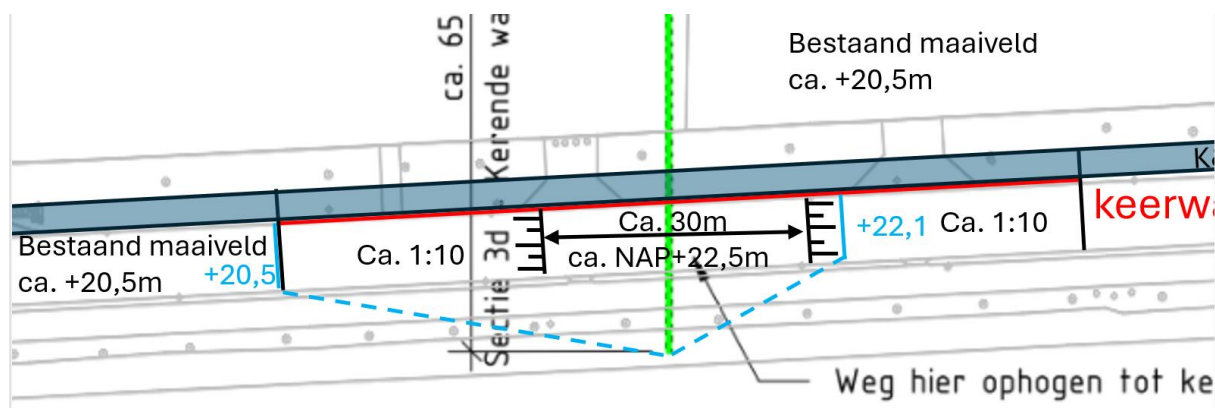
$$L_v + \frac{L_h}{3} \geq \gamma_{piping} \cdot C_L \cdot \Delta H$$

Waarin:

- L_v = kwelengte in verticale richting
- L_h = kwelengte in horizontale richting
- $\gamma_{piping} = 1,75$ (RC2)
- $C_L = 6,0$ (middel grof zand)
- $\Delta H = 1,6$ m

Ofwel, de horizontale kwelweglengte om piping te voorkomen dient langer te zijn dan 50 m. Deze kwelweglengte geldt vanaf het hoogwaterpeil tot aan het potentieel uittreepunt van de stroming.

De berm is reeds ca. 30 m breed en het talud ca. 20 m (helling 1:10 i.c.m. 2,0 m hoogteverschil), waardoor dit voldoende is om piping/achterloopsheid te voorkomen. Merk op dat nu de kortste afstand tussen de twee punten is beschouwd, terwijl de kwelweglengte in werkelijkheid iets langer zal zijn. Zie hieronder de blauwe gestippeldelijnen.



Figuur 5.1 Horizontale kwelweglengte ter voorkoming van achterloopsheid.

5.5.2 Heave

De kleilaag die grondwaterstroming verhindert is gevoelig voor heave, omdat er wateroverspanningen kunnen optreden onder de kleilaag. Dit kan voorkomen na een lange duur van hoogwater, waardoor de grondwaterspanningen onder de kleilaag oplopen, i.c.m. een abrupte val na HW.

Sectie 3d is het meest gevoelig voor heave, omdat de kleilaag hier het dichtst bij het maaiveld ligt. Het effectief gewicht van de grond hierboven (weerstandbiedend tegen heave) is hier dus het laagst. Uitgaande van een waterdruk van NAP+22.1 m onder de kleilaag en een waterdruk van NAP+20.5 m boven de kleilaag (= maaiveldpeil), geldt:

$$V_{dst,d} \leq G_{stb,d}$$

$$1,5 \cdot (22,1 \text{ m} - 20,5 \text{ m}) \cdot 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \leq 0,9 \cdot \left((20,5 \text{ m} - 18,8 \text{ m}) \cdot 9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} + (18,8 \text{ m} - 15,5 \text{ m}) \cdot 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right)$$

$$24 \text{ kPa} \leq 28,6 \text{ kPa}$$

OK!

6 Detaillering en afwerking

6.1 Stalen deksloof

De damwanden van de kerende wanden worden voorzien van een stalen deksloof om de bovenzijde van de damwandconstructie af te dekken en te beschermen tegen invloeden van buitenaf, zoals weersomstandigheden en slijtage. Deze deksloof zorgt ook voor een nette en afgewerkte uitstraling en maakt het mogelijk om kleine beschadigingen (door het installeren van de damwanden) aan de bovenzijde van de damwand te verbergen.

Een speciaal hiervoor ontworpen deksloof in de vorm van een gezette stalen plaat kan worden toegepast. Aangezien de platen te hoog geplaatst zijn om over te lopen worden de platen niet voorzien van antislip ribbels.

De afmeting van de deksloof hangt af van het type toegepaste damwand, hier: AZ12-700.

De deksloof wordt doormiddel van een lasverbinding aan de damwand bevestigd.

6.2 Kabeldoorvoeren

Bij de doorvoer van kabels en leidingen door de damwand wordt een deel van de stalen damwand vervangen door een betonnen sectie. In deze betonnen sectie worden Roxtec-afdichtingen (o.g.) geïntegreerd, die tijdens het storten van het beton op de juiste positie worden aangebracht. Deze afdichtingen zorgen voor een waterdichte doorvoer van de kabels en leidingen door de kerende wand, waardoor lekkage wordt voorkomen.

Roxtec-afdichtingen bestaan uit modulaire elementen die flexibel kunnen worden aangepast aan de diameter van de door te voeren kabels en leidingen, waardoor een veilige en duurzame afsluiting ontstaat.

7 Contextobjecten en raakvlakken

7.1 Aansluitingen

Een overzicht van de aansluiting tussen de secties is gegeven in Tabel 7.1. Aansluitingen dienen grond dicht en constructief te worden uitgevoerd.

Tabel 7.1 Aansluitingen

Sectie	Naam sectie	Aansluiting
3b1	Kerende wand [K en B/Menten]	Op de vleugelwand tussen: - Sectie 6 – Logistieke kade Menten - Sectie 7 – Bestaande logistieke kade K en B zie Figuur 1.2
3c	Kerende wand [Sif]	Op de vleugelwand tussen: - Sectie 11 – Kerende wand talud 5 [K en B] - Sectie 12 – Bestaande logistieke kade Sif
3d	Kerende wand [Mijnheerkensweg]	Sectie 12 – Bestaande logistieke kade Sif ter plaats van huidige betonnen keermuur (Figuur 1.3)

De overgang naar bestaande kades is bij voorkeur met gebruik van de bestaande damwandsloten.

Bij sectie 3b1 is dit wellicht mogelijk bij de aansluiting met de bestaande kade K en B (sectie 7), aangezien hier reeds een dwarse damwand staat. Bij sectie 3c, de aansluiting met Sif (sectie 12), is naar verwachting ook een vleugelwand aanwezig waarop kan worden aangesloten. Dit dient in het werk te worden bepaald en mogelijk moet een pasplank met bijbehorend slot worden toegepast. Voor de aansluiting van sectie 3d met sectie 12 geldt hetzelfde. Aan het eind van sectie 3d sluit de damwand weer aan op de 'hoge grond' van de N280 door tijdig te stoppen bij voldoende hoogte.

7.2 Bestaande constructies

7.2.1 Bouwwerken

In Tabel 7.2 is een overzicht van de bouwwerken in de nabijheid van de nieuwe kerende wanden weergegeven en de afstand tot de te realiseren damwandconstructies.

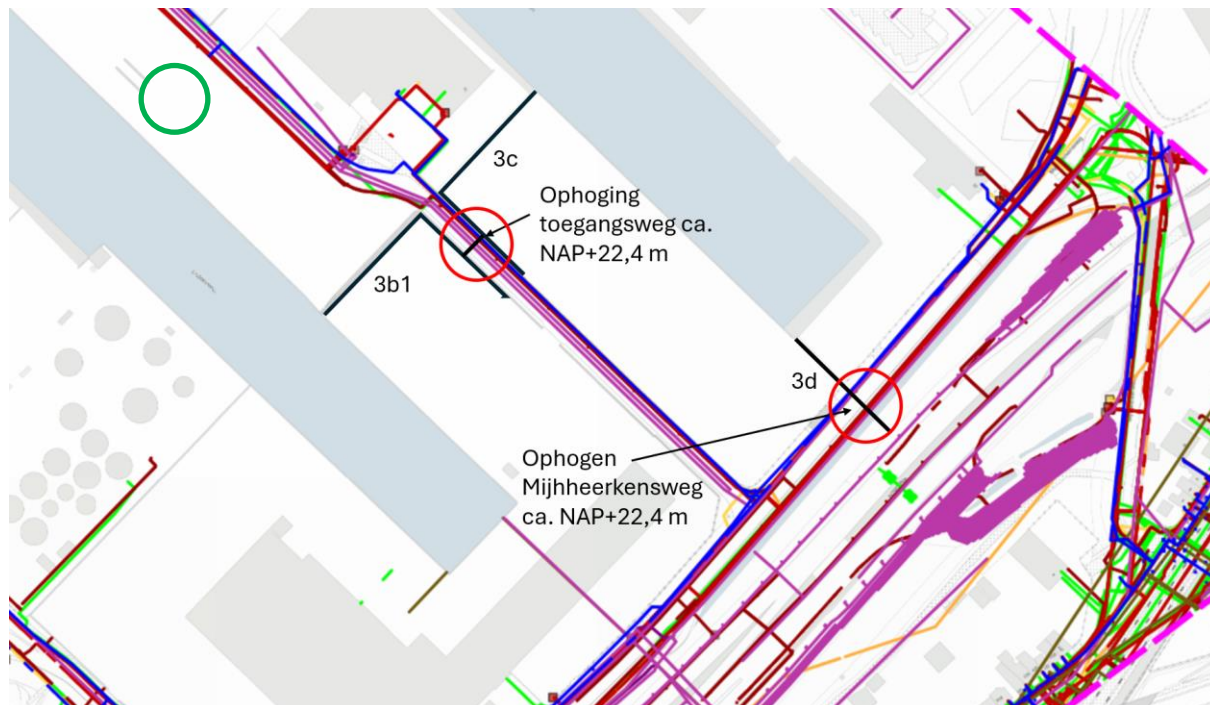
Tabel 7.2 Afstand tot bestaande bouwwerken

Sectie	Bestaande bebouwing	afstand [m]	Type bouwwerk en fundering
3b1	Legioblokken Menten	Ca. 1 m	Legioblokken
	Vloeistofdichte vloer Menten	Ca. 1 m	Betonvloer
3c	Stalen loods Kalle en Bakker	Ca 20 m	Opslaghal, fundering onbekend
3d	-	-	-

Mogelijks leveren de legioblokken van Menten enige hinder op bij de installatie van de damwanden van sectie 3b1 vanwege een beperking van de vrije ruimte. Indien nodig kunnen deze tijdelijk verplaatst worden. Verder wordt er geen hinder verwacht van de nabije, bestaande bebouwing.

7.3 Kabels en leidingen

Een overzicht van kabels en leidingen ter plaatse van de kerende wanden – secties 3b1, 3c en 3d – is gegeven in Figuur 7.1. Een nieuwe KLIC-melding zal dit beeld moeten bevestigen.



Figuur 7.1 Kabels en leidingen op basis van KLIC-oriëntatiemelding

Daarnaast is het aangewezen om de eigenaren van de terreinen Kalle en Bakker, Sif, Menten en Smurfit Westrock te raadplegen over de eventuele aanwezigheid van extra kabels en leidingen t.o.v. bovenstaande figuur. Een overzicht van de aanwezige kabels en leidingen rondom de kerende wanden is weergegeven in Tabel 7.3. Er zijn twee clashes omcirkeld in rood, die worden uitgewerkt.

Tabel 7.3 Kabels en leidingen t.h.v. kerende wanden 3b1, 3c en 3d

Sectie	Naam sectie	Kabel/leiding
3b1/3c	Kerende wand [K en B/Menten] [Sif]	Laagspanningskabel (Enexis)
		Middenspanningskabel (Enexis)
		Gaspijpleiding lage druk (Enexis)
		Kabelbed datatransport (KPN)
		Rioolleiding vrij verval (gemeente Roermond)
		Waterleiding (NV Waterleidingmaatschappij Limburg)
3d	Kerende wand [Mijnheerkensweg]	Laagspanningskabel (Enexis)
		Middenspanningskabel (Enexis)
		Gaspijpleiding lage druk + hoge druk (Enexis) (2 tot)
		Kabelbed datatransport (KPN)
		Rioolleiding vrij verval (gemeente Roermond)
		Rioolleiding (Provincie Limburg)
		Waterleiding (NV Waterleidingmaatschappij Limburg)

7.3.1 Clash secties 3b1 en 3c

Zoals reeds vermeld maakt de ophoging van de toegangsweg tot het perceel van Kalle en Bakker deel uit van het primaire keringstraject. In deze ophoging wordt de damwand doorgezet ter stabilisatie van de ophoging, dwars op de richting van de weg. Dit voorkomt dat de ophoging als dijk fungeert, waarbij de damwand nu de waterkerende functie op zich neemt.

Door het plaatsen van deze damwand, ontstaat er een clash met de aanwezige kabels en leidingen. Deze worden als volgt opgelost:

Algemeen

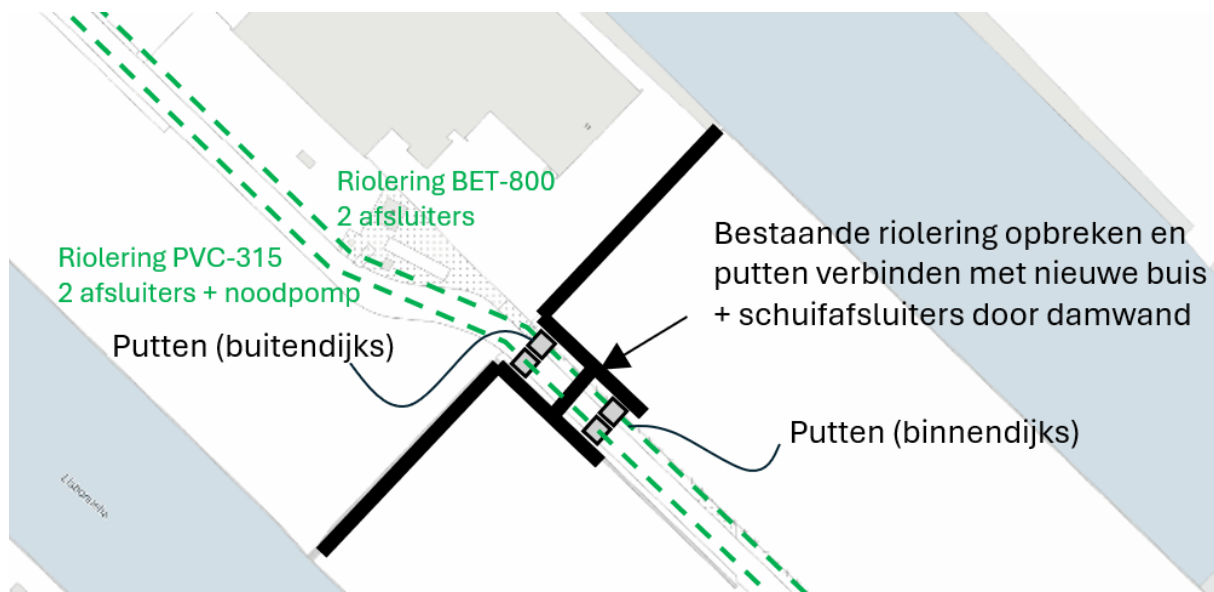
Alle kabels en leidingen die clashen worden door de damwand heen gemonteerd. T.h.v. de potentiële clash worden deze kabels en leidingen verwijderd. Vervolgens wordt de damwand op diepte geïnstalleerd. De kabels en leidingen worden vervolgens lokaal opgehoogd met de toegangsweg mee, zodat deze nog altijd toegankelijk zijn. Met behulp van Roxtec (o.g.) waterdichte kabeldoorvoeren, worden alle kabels en leidingen door de damwand gevoerd. Tot slot worden deze weer aan de bestaande kabels en leidingen verbonden.

Rioolleiding overstort + HWA leiding - Gemeente Roermond

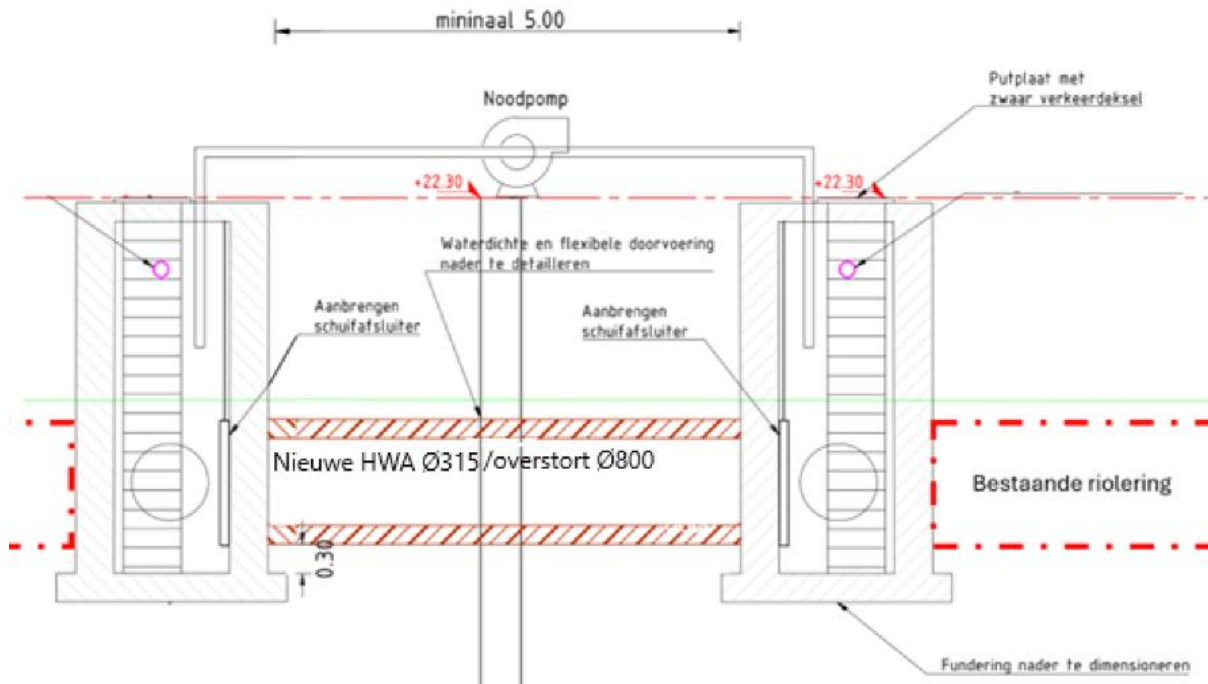
De rioolleiding en HWA leiding van de Gemeente Roermond lopen onder vrij verval over de landtong. Deze leidingen vormt hiermee een 'lek' door de primaire waterkeringslijn. In het geval van maatgevend hoog water kan de riolering vol stromen, waardoor het rioleringsnet van Roermond zwaar wordt overbelast en het maaiveld alsnog kan overstromen. De stroomrichting van dit riool:

- Rioolleiding overstort BET-800: Mijnheerkensweg → Landtong
- HWA leiding PVC-315: Landtong → Mijnheerkensweg

Er wordt gewerkt met een tweetal putten per leiding, verbonden met een stalen buis door de damwand (waterdicht afgelast). Alle putten worden voorzien van een schuifafsluiter, zodat de riolering bij hoog water niet kan vollopen. Bij de HWA leiding wordt een noodpomp geplaatst om de waterafvoer te blijven voorzien als de afsluiters zijn gesloten. Bij de overstortleiding (BET-800) is dit niet nodig vanwege de andere stroomrichting. In onderstaande figuren is dit principe weergegeven in bovenaanzicht en dwarsdoorsnede. Het principe wordt overgenomen vanuit het VKA (voorkeursalternatief).



Figuur 7.2 Bovenaanzicht principeoplossing afsluiting riolering – secties 3b1 en 3c.



Figuur 7.3 Dwarsdoorsnede principeoplossing afkomstig uit VKA

De noodpomp uit bovenstaande figuur is dus enkel van toepassing op de putten van de HWA leiding (PVC-315).

7.3.2 Clash sectie 3d

Kerende wand 3d komt aan te sluiten op de hoge grond van de N280. Zodoende wordt de primaire keringslijn gesloten. Deze aansluiting clasht potentieel met een relatief groot aantal kabels en leidingen. Merk op dat de aansluiting op de hoge grond afdoende is om achterloopsheid te voorkomen door de breedte van de toegepast berm (ca. 30 m). Zie ook §5.5.1.

Deze clashes worden op eenzelfde wijze opgelost/voorkomen als voor secties 3b1 en 3c gedaan. Over het algemeen kan worden gesteld dat de kabels en leidingen in twee clusters liggen, zie ook Figuur 7.1.

Algemeen

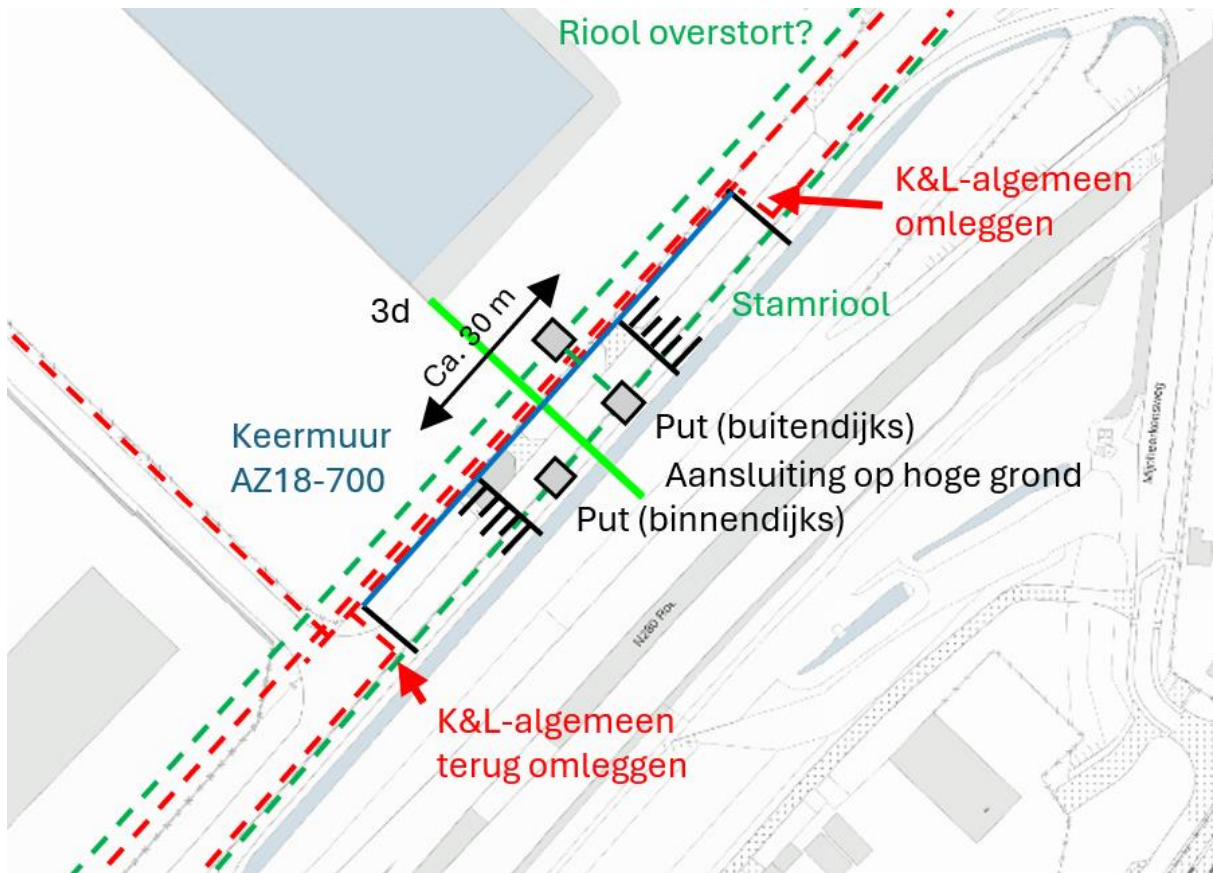
De kabels en leidingen worden vanaf de start ophoging Mijnheerkensweg (zie ook Figuur 1.6) omgelegd naar naast de keermuur, aan de havenzijde. Zodoende hoeven de kabels en leidingen niet te worden opgehoogd en blijven ze toegankelijk voor eventuele werkzaamheden. Op eenzelfde manier als voor secties 3b1/3c worden deze waterdicht door de damwand heen gevoerd via een mantelbuis en een Roxtec (o.g.) doorvoer. Aan de zuidzijde van de ophoging worden deze kabels en leidingen weer terug omgelegd naar het originele tracé.

De definitieve geometrie van deze ophoging dient nader te worden afgestemd met een verkeerskundige, maar voor nu wordt een helling 1:10 aangehouden i.c.m. een bermbreedte van ca. 30 m. Bovendien is dit onder het voorbehoud dat deze twee clusters kabels en leidingen samen mogen liggen. Dit dient nog geverifieerd te worden bij de verschillende K&L-beheerders.

Riolering

Voor het riool wordt wederom een aparte verbinding gemaakt door de damwand heen, waarbij er weer met twee putten, schuifafsluiters en een noodpomp wordt gewerkt. Hierdoor wordt 'het lek' in

de primaire keringslijn gesloten. Zie onderstaand bovenaanzicht van de locatie van de putten. Het principe van de dwarsdoorsnede is gelijk aan die in Figuur 7.3.



Figuur 7.4 Bovenaanzicht principeoplossing afsluiting riolering – sectie 3d.

Zoals zichtbaar in bovenstaande figuur zijn er twee rioolleidingen (in groen) aanwezig die de kerende wand 3d doorkruisen. Het stamriool wordt zoals hierboven vermeld door de damwand heen gevoerd i.c.m. een tweetal putten en een noodpomp. De andere rioleringsleiding (naar verwachting een overstort) wordt ook door de damwand gevoerd met een put aan de buitendijkse zijde. In deze put wordt een schuifafsluiter voorzien, zodat de waterkeringslijn kan worden dichtgezet in geval van hoog water. Er wordt een verbinding gelegd (dwars op de Mijnheerkensweg) naar de buitendijkse put van het stamriool. Op deze wijze kan de overstort alsnog afwater in het geval dat de schuifafsluiters preventief worden dicht gezet.

8 Uitvoeringsaspecten

8.1 Uitvoeringsvolgorde

De globale uitvoeringsvolgorde van de hoofdonderdelen is hieronder uiteengezet:

1. Ontwerp, leveranties en vergunningen.
2. Verwijderen beplanting op bestaande kade/percelen.
3. Slopen/verwijderen bestaande en omliggende constructies. Dit betreft de bestaande damwand t.h.v. sectie 3b1, het hekwerk t.h.v. sectie 3c en de betonnen keerwand t.h.v. sectie 3d.
4. Graven heisleuf voor nieuwe damwand.
5. Aanbrengen damwanden voor keerwand door middel van drukken (sectie 3b1), intrillen en eventueel afheien (secties 3c en 3d).
6. Aanvullen voor en achter de wand tot maaiveldniveau.
7. Aanbrengen stalen deksloof.
8. Aanbrengen verharding.

Gezien de bredere scope van het project is de verwachting dat een deel van de werkzaamheden parallel aan de realisatie van andere clusters wordt uitgevoerd (BESIX, Kalle en Bakker, Smurfit Westrock en Sif).

8.2 Heibaarheid

De ondergrond in de Willem-Alexanderhaven wordt gekarakteriseerd door een afwisseling van zand- en cohesieve lagen, die op een diepte van circa 12 meter + NAP overgaan in zand-/grindlagen. In SBE-memo 15298-MEM-G-DO-002 is door middel van een heibaarheidsanalyse een inschatting gemaakt van de uitvoerbaarheid van het intrillen of inheien van de damwandprofielen. De belangrijkste conclusies zijn:

- Sectie 3b wordt bij voorkeur trillingsarm ingebracht (drukken) vanwege de aanwezigheid van de kwetsbare, vloeistofdichte vloer van Menten. Hier wordt nader op ingegaan in §8.3.
- Op basis van NVAF/PSD-grafieken blijkt dat voor secties 3c en 3d en voor de gekozen type damplanken het niet mogelijk lijkt om deze trillend schadevrij tot de gewenste diepte in te brengen. Een mogelijke beheersmaatregel zal dan zijn om voor te boren. Deze grafieken gaan echter uit van een uniforme conusweerstand van 20 MPa gemeten in zand. Vanwege de lokaal lager gemeten conusweerstand/aanwezigheid van slappere lagen in de ondergrond, is het wellicht mogelijk dat de damplanken toch overal trillend op de diepte komen. In dat geval kan het voorboren van damwanden worden vermeden.
- Op basis van empirische formules is voor een groot deel van de secties de benodigde slagkracht van het trilblok zeer hoog (>2300 kN). Op basis van deze resultaten kan niet worden uitgesloten dat voorgeboord zou moeten worden of dat de damplanken over de laatste meters op diepte geheid moeten worden.
- Op basis van resultaten van damwandproeven uitgevoerd in de nabije omgeving van het project in vergelijkbare grondslag kan worden geconcludeerd dat het intrillen van damwanden (zowel het lichtere 1720 cm³ als het zwaardere 2600 cm³ profiel) goed mogelijk is en de aanwezige zand/grindlagen op zich geen onoverkomelijke belemmering vormen mits adequaat materieel wordt gebruikt. Hiervoor zijn de volgende aanvullende aanbevelingen gedaan:
 - Intrillen heeft de voorkeur t.o.v. heien gezien snelheid en mate van vervorming van de plank.

- Het toepassen van een hoogfrequent blok is mogelijk. Dit heeft de voorkeur omdat dit type blok minder omgevingshinder veroorzaakt.
- Het geleiden van de vibrator (met een makelaarstelling) is aan te bevelen.
- Voorboren is niet strikt noodzakelijk maar kan de intrilsnelheid wel verhogen.
- Indien op een obstakel gestuit wordt kan na verwijderen van de damwand een ander element met een verzwaarde onderrand in de grond gebracht worden om het obstakel weg te duwen of te splijten.

8.3 Drukken van damwanden t.h.v. sectie 3b1

Zoals reeds vermeld, dient de kerende wand t.h.v. sectie 3b1 trillingsarm te worden geïnstalleerd. Dit heeft te maken met de aanwezigheid van de vloeistofdichte betonvloer op het terrein van Menten, die zo min mogelijk aan trillingen mag worden blootgesteld. Derhalve wordt hier onderzocht of het indrukken van de damwand mogelijk is. Het traject waarover de damwand moet worden ingebracht is gelijk aan NAP+20,8 m (maaiveldniveau) – NAP-16,0 m (teen) = 4,8 m.

De inbrengbaarheid wordt beoordeeld o.b.v. de CUR166 – 1^e deel – Bijlage B, grafieken 017 t/m 020 (NVAF/PSD-grafieken). De planken worden individueel gedrukt, waardoor de sloten niet geponst of gelast mogen zijn. De grafieken zijn opgesteld voor enkele planken met een breedte van 0,6 m, waar hier een breedte van 0,7 m wordt toegepast. Er wordt aangenomen dat dit representatief is.

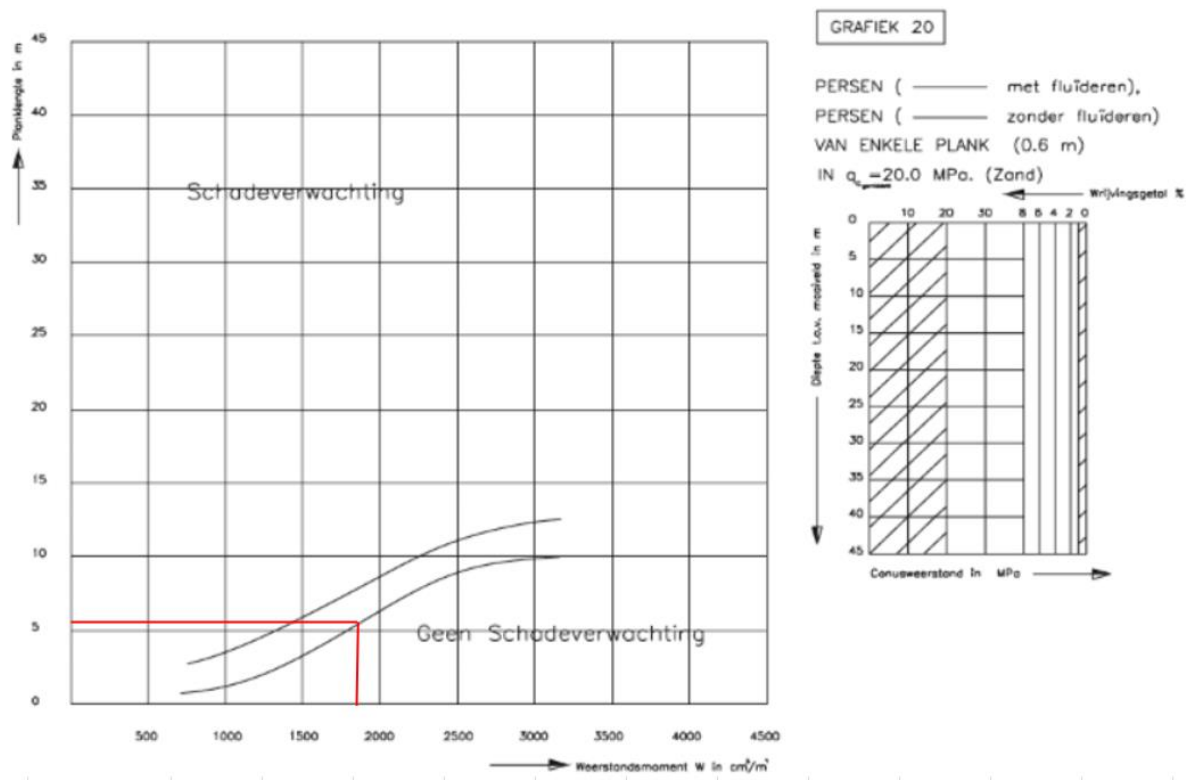
Onderstaande sondeerwaarden zijn te vinden over het traject langsheen sectie 3b1. Er is zowel gerapporteerd wat de gemiddelde conusweerstand in de aanwezige zandlaag is, als de gemiddelde en maximale conusweerstand over het hele installatietraject. Hierbij is de aanwezige zandige kleilaag ook meegenomen.

Tabel 8.1 Sondeerwaarden van sonderingen langs sectie 3b1 – drukken van damwand

Sondering	$q_{c,gem,zandlaag}$ [MPa]	$q_{c,gem,totaal}$ [MPa]	$q_{c,max}$ [MPa]
DKM-24	11,1	7,4	28,2
DKM-25	4,8	3,1	10,3
DKM-47	7,5	5,4	24,6
DKM-69	7,5	5,4	18,8

De maximale conusweerstand is gelijk aan 28,2 MPa t.h.v. DKM-24. Wanneer de NVAF/PSD-grafiek 20 wordt aangehouden (o.b.v. $q_{c,gem} = 20$ MPa, grafiek met hoogste conusweerstand), blijkt dat de damwand naar verwachting zonder schade op diepte kan komen. De planklengte behorend bij $W = 1800 \text{ cm}^3/\text{m}$ (AZ18-700) is namelijk gelijk aan 5,5 m waar een lengte van 4,8 m benodigd is. Merk op dat de maximale conusweerstand t.h.v. DKM-24 hoger is dan 20 MPa, maar dat dit vrij lokaal is en de gemiddelde waarde een stuk lager ligt ($q_{c,gem} = 11,1$ MPa). Derhalve is de verwachting dat de plank schadevrij op diepte kan worden gedrukt.

Indien dit toch niet uitvoerbaar blijkt, kan er nog worden voorgespoeld (fluïderen). Zodoende is de verwachting dat de damwanden van sectie 3b1 trillingvrij op diepte kunnen worden gebracht.



Figuur 8.1 NVAF/PSD-grafiek 18 – verwachting drukken damwand sectie 3b1 (trillingvrij)

In aanvulling op bovenstaande methode kunnen de damwandplanken ook geïnstalleerd worden in een gegraven sleuf. Deze methode komt in aanmerking als trillingshinder niet toelaatbaar is en drukken niet in aanmerking komt. De diepwandsleuf wordt gevuld met een cementbentoniet-mengsel waar de damwanden in worden afgehangen. Na een aantal dagen verhardt het mengsel en in de eindfase hebben de planken ook verticale draagkracht. Eventueel kan de sleuf worden doorgezet tot in de waterremmende of waterafsluitende laag.

8.4 Hinder

De volgende partijen kunnen hinder ondervinden van de bouwwerkzaamheden:

- Kalle en Bakker, Menten, Sif en Smurfit Westrock hebben een direct raakvlak vanwege aangrenzende bouwwerkzaamheden. Het is daarnaast mogelijk dat één dezer partijen tijdens de bouwwerkzaamheden van de kerende wanden ook werkzaamheden in de kadezone wil verrichten. Het gebruik en de vervoerstromen in de kadezone moeten tijdens de bouw goed 'gemanaged' worden;
- Bovengenoemde partijen kunnen hinder ondervinden door geluid en trillingen en door bouwverkeer van en naar de projectlocatie;
- Verkeer aan de Mijnheerkensweg kan hinder ondervinden aan de uit te voeren werkzaamheden, met name rondom sectie 3d.
- De beheerders van alle kabels en leidingen in het projectgebied ondervinden hinder aan de werkzaamheden. Deze worden tijdelijk opgebroken, omgelegd en opnieuw verbonden. Ook de gebruikers van deze nutsvoorzieningen zullen hinder ondervinden aan de werkzaamheden.

De werkzaamheden hebben daarnaast mogelijk ook invloed op de natuurlijke omgeving. Hierbij wordt vooral gedacht aan overlast door geluid en licht.

De kans op hinder door trillingen dient te worden getoetst aan de hand van SBR Richtlijn B [13].

8.5 Kans op schade

In de directe omgeving van de kadeconstructie zijn verschillende objecten die direct schade kunnen ondervinden van de bouwwerkzaamheden. Hiervan is een overzicht gegeven in Tabel 7.2.

Schade kan worden veroorzaakt door:

- trillingen veroorzaakt door het intrillen en inheien van de damwand;
- deformaties als gevolg van zettingsvloeiingen tijdens het intrillen van de damwand en het baggeren.

Een risico wordt met name onderkend in het plaatsen van de damwanden op circa 15 m afstand van een belendend bouwwerk. De kans op schade dient te worden getoetst aan de hand van de SBR Richtlijn A [12].

Voor dit specifieke onderdeel is met name de vloeistofdichte vloer van Menten een risico m.b.t. kans op schade. Derhalve is voorgeschreven om de damwand van sectie 3b1 trillingvrij te installeren (drukken). De haalbaarheid hiervan is onderzocht.

De verwachting is dat damwand 3c wel trillend kan worden ingebracht. Dit dient nader te worden onderzocht o.b.v. SBR Richtlijn A [12].

8.6 Zettingen

Op basis van de uit te voeren werkzaamheden, het installeren van de kerende wanden, is het niet de verwachting dat er zettingen optreden ter plaatse van bestaande constructies. Het ophogen van de toegangsweg naar het perceel Kalle en Bakker kan wel zettingen met zich meebrengen. Deze ophoging is ca. 2,0 m en is beoordeeld in Plaxis2D. Het materiaal model dat is gehanteerd is Hardening Soil. Hiertoe zijn onderstaande parameters toegepast o.b.v. de NEN-9997-1 Tabel 2.b, aanvullend op de parameters uit Tabel 2.5.

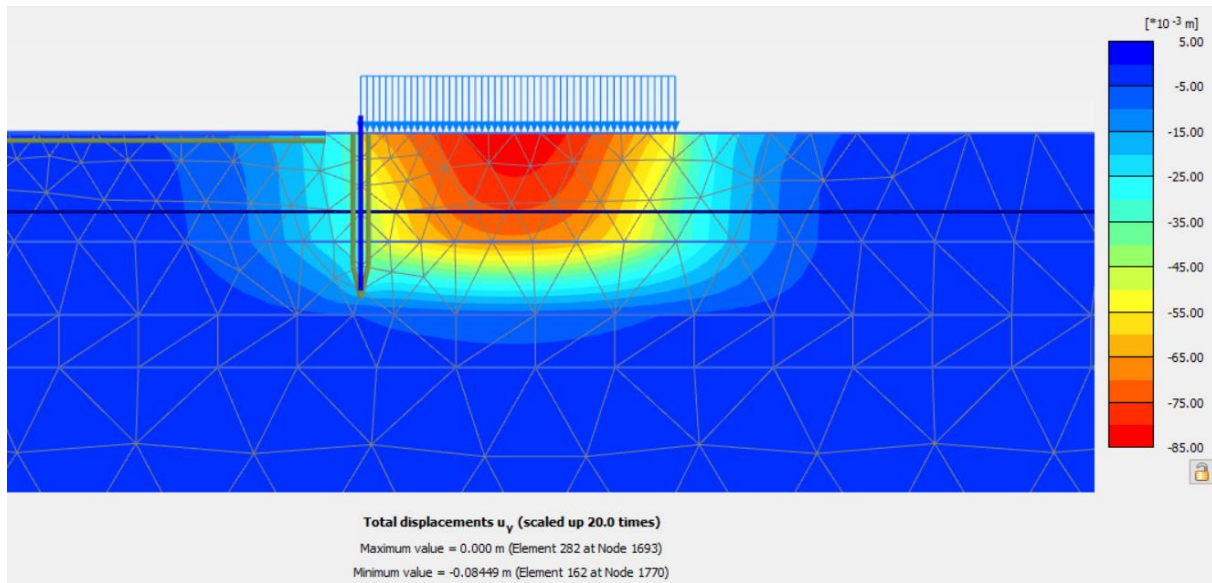
Tabel 8.2 Aanvullende grondparameters HS model – Plaxis2D – ter bepaling zettingen

Laag	Omschrijving	E_{50}^{ref} [MPa]	E_{oed}^{ref} [MPa]	E_{ur}^{ref} [MPa]	P_{ref} [kPa]	m [-]
2A	Zand, schoon, los gepakt	15	15	45	100	0.5
1C	Klei, zwak zandig, slap	1,5	1,5	4,5	100	1.0
3A	Grind, zwak siltig, matig	75	75	225	100	0.5

De ophoging van de weg wordt gemodelleerd over een afstand van 10 meter met een grootte van 36 kPa ($2,0 \text{ m} \cdot 18 \text{ kN/m}^3$). De damwand AZ18-700 wordt eveneens gemodelleerd tot een aanzetpeil van NAP+16.0 m. De betonnen vloer is tot slot gemodelleerd als plaat van 0,5 m dik met een buigstijfheid van 20 GPa (gescheurd beton).

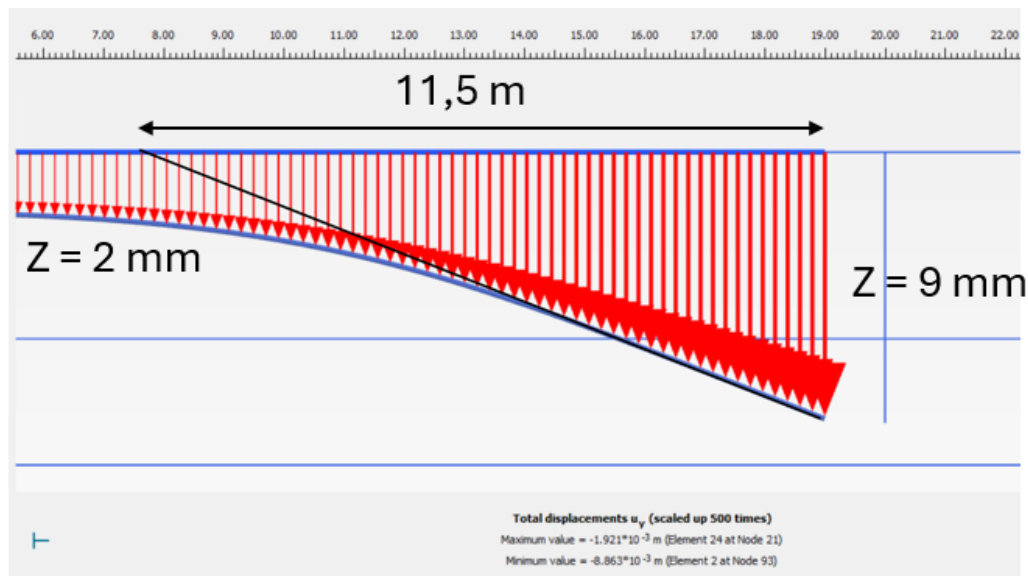
Er vindt geen bemaling plaats.

De zettingen die optreden en de hoekverdraaiing van de vloer is hieronder weergegeven.



Figuur 8.2 Zettingsprofiel t.h.v. toegangsweg landtong

De maximale zetting is ca. 8,5 cm direct onder de toegangsweg. Hier zitten geen kruipeffecten in van de zandige kleilaag 1C. Echter, de kruipeffecten zullen uniform zijn voor de gehele kleilaag, waardoor dit niet tot relatieve zettingen en/of hoekverdraaiingen (met schade) zal leiden. De hoekverdraaiing van de vloerplaat is hieronder weergegeven.



Figuur 8.3 Hoekverdraaiing van de vloerplaat Menten t.g.v. zettingen ophoging toegangsweg

De maximale hoekverdraaiing in de vloerplaat is gelijk aan $9 \text{ mm} / 11,5 \text{ m} = 1 / 1278$. Er zijn geen specifieke eisen voor de toegelaten hoekverdraaiing van de vloer opgegeven. Derhalve worden gangbare grenswaarden overgenomen uit de NEN 9997-1 Bijlage H (2). Hierin wordt vermeld dat de maximaal toegelaten relatieve rotatie van diverse constructies gelijk is aan 1:500 om een bruikbaarheidsgrenstoestand te voorkomen. Hier blijft de hoekverdraaiing ruimschoots onder, waardoor er niet wordt verwacht dat er schade aan de vloer van Menten zal optreden t.g.v. de zettingen in de toegangsweg.

9 Conclusie en aanbeveling

9.1 Samenvatting ontwerp

Tabel 9.1 Samenvatting ontwerp

		Kerende wanden		
		Sectie 3b1	Sectie 3c	Sectie 3d
Planktype	-	AZ18-700	AZ18-700	AZ18-700
Niveau top	m NAP	+22,4	+22,4	+22,3
Niveau teen	m NAP	+16,0	+14,0	+12,5
Planklengte	m	6,4	8,4	9,8
Staalsoort	-	S355 GP	S355 GP	S355 GP
Elasticiteitsmodulus (E)	N/mm ²	210.000	210.000	210.000
Doorsnedeklasse	-	3	3	3

9.2 Aandachtspunten vervolgfases

9.2.1 Contract en aanbesteding

Hieronder zijn enkele aandachtspunten opgenomen voor de contractfase:

- verifiëren of aannames ten aanzien van bouwterrein opdrachtnemer kloppen;
- De ophogingen van de toegangsweg op de landtong en de Mijnheerkensweg dienen (geometrisch) afgestemd te worden met een verkeerskundige, met name i.r.t. aanrijhelling en breedte berm.
- De beheerders van de kabels en leidingen t.h.v. sectie 3d moeten bevestigen dat de kabels in hetzelfde tracé mogen komen te liggen. Momenteel zijn deze opgesplitst in 2 clusters (zie Figuur 7.1 en Figuur 7.4).
- eisen ten aanzien van tijdsdruk opdrachtnemer. Welke versnellende maatregelen zijn onwenselijk (bijvoorbeeld 's nachts werken);

9.2.2 Uitvoering

- De aangehouden belastingen uit Hoofdstuk 2 dienen te worden afgestemd met de gebruikers van de percelen; Kalle en Bakker, Menten, Sif en Smurfit Westrock
- Er dient bij bovenstaande partijen te worden geïnformeerd of er nog kabels en leidingen aanwezig zijn in het terrein t.h.v. de uit te voeren werkzaamheden, aanvullend op de KLIC-melding zoals getoond in §7.3.
- De damwanden t.h.v. sectie 3b1 dienen trillingsarm te worden geïnstalleerd vanwege de aanwezigheid van de (kwetsbare) vloeistofdichte betonvloer van Menten. Er is o.b.v. NVAF/PSD-grafieken beoordeeld dat dit haalbaar is. Afhankelijk van de lokale grondslag moet er mogelijk worden voorgespoeld om de damwanden op diepte te krijgen.
- De damwanden t.h.v. sectie 3c en 3d kunnen op diepte worden getrild. Mogelijk dienen deze nog te worden voorgeboord. Een alternatief is dat de damwanden worden nageheid over de onderste meters. Een nauwkeurige hei-predictie moet nog uitwijzen of dit mogelijk is voor de AZ18-700 profielen.
- Om de primaire keringslijn te sluiten zonder de toegangsweg naar het terrein Kalle en Bakker af te sluiten met een keerwand, wordt de toegangsweg opgehoogd tot ca. NAP+22,4 m. De damwanden van sectie 3b1 en 3c sluiten hierop aan. Deze ophoging brengt zettingen met zich mee, die impact hebben op de vloeistofdichte vloer van Menten. Er is nu o.b.v. algemene grenswaarden (NEN-9997-1 Bijlage H) geconcludeerd dat de hoekverdraaiing ruim onder de toegelaten grenswaarde blijft. Er

moet nog worden geverifieerd bij Menten of er aanvullende eisen zijn m.b.t. de duurzaamheid van deze vloeistofdichte vloer.

- De riolering (vrij verval) over de landtong en de Mijnheerkensweg vormen een 'lek' in de primaire waterkeringslijn. Dit lek dient te worden gedicht m.b.v. putten en schuifaflaten conform het principe zoals getoond in §7.3. Dit principe dient nog nader te worden uitgewerkt.
- De clash van de damwanden en de bestaande kabels en leidingen wordt vermeden door deze lokaal op te breken, de damwand te installeren en vervolgens een (mantel)buis door de damwand aan te brengen. De kabels en leidingen kunnen tot slot door deze (mantel)buis weer worden verbonden met elkaar.

Referenties

Normen en richtlijnen

- [1] NEN-EN 1990: Eurocode 0 – Grondslag van het constructief ontwerp.
- [2] NEN-EN 1991: Eurocode 1 – Belastingen op constructies.
- [3] NEN-EN 1993: Eurocode 3 – Ontwerp en berekening van staalconstructies.
- [4] NEN-EN 1997: Eurocode 7 – Geotechnisch ontwerp.
- [5] NEN 9997-1 Geotechnisch ontwerp van constructies.
- [6] NEN-EN 12063 Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk – Damwanden.
- [7] CIRIA, CUR, CETMEF, 2007, “The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering”, London
- [8] CURNET, juli 2012, Damwandconstructies, CUR-publicatie 166, 6e herziene druk, deel 1.
- [9] CURNET, juli 2012, Damwandconstructies, CUR-publicatie 166, 6e herziene druk, deel 2.
- [10] PIANC. (2015). Guidelines for protecting berthing structures from scour caused by ships (MarCom Working Group 180). PIANC.
- [11] SBRCURnet, 2014, QuayWalls, Second Edition, CUR-publicatie 211.
- [12] SBRCURnet, 2017, SBR Trillingsrichtlijn A – Schade aan bouwwerken
- [13] SBRCURnet, 2019, SBR Trillingsrichtlijn B – Hinder voor personen

Projectdocumenten

- [14] Waterschap Limburg, november 2020, IO.DR76.26.023 Handleiding ten behoeve van het ontwerp van damwanden welke dienen als waterkering nabij de Alexanderhaven te Roermond, IO.DR76.26.023-1.0-1-Rp-Handleiding damwandontwerp.
- [15] Waterschap Limburg, oktober 2021, IO.DR76.26.021 Ontwerpnota planfase normtraject 76-2 Roermond Alexanderhaven 1.0-2.
- [16] Gemeente Roermond, april 2017, Beheerplan havens en waterpartijen 2017 – 2026.
- [17] Waterschap Limburg, november 2021, PP.DR76.26.010 Ontwerp-Projectplan Waterwet dijkversterking Roermond.
- [18] WSP, januari 2023, Hoogte kering integraalplan, doc.nr. BIKR-04-N-006, versie 1.
- [19] WSP, februari 2023, Bepaling constructiediepte nieuwe kaden, doc.nr. BIKR-04-N-006, versie 1.
- [20] SBE, 2024, Uitgangspuntennotitie Willem Alexanderhaven Roermond 15298-ALG-G-DO-001
- [21] SBE, 2024, Haalbaarheid installeren damwanden 15298-MEM-G-DO-002
- [22] SBE, 2024, Logistieke kade en kerende wand Smurfit Westrock, 15298-ALG-G-DO-005

Onderzoeken en metingen

- [23] IGL, november 2021, Mijnheerkenshaven Roermond; Bodemhoogten multibeam, GER007B_MIJNHEERKENSHAVEN-BODEM_20211109.
- [24] Inpijn-Blokpoel, april 2023, BIZ-kaden en HWK Roermond – Willem Alexanderhaven te Roermond, 22ZP1423-RG-01.
- [25] Inpijn-Blokpoel, oktober 2014, Nieuwbouw bedrijfspand SIF op landtong aan de Mijnheerkensweg te Roermond, 02P005243-adv-01
- [26] Inpijn-Blokpoel, mei 2007, Kadeconstructie Willem-Alexanderhaven Roermond, resultaten geotechnisch onderzoek, VH-1561-A (DKM05-DKM07)

Overige documenten en referenties

- [27] “DSM AHN4”, Actueel Hoogtebestand Nederland, (22-09-2022)
<https://ahn.arcgisonline.nl/ahnviewer/>
- [28] Liebherr Technical Description Crawler Excavator R 954C
- [29] Port of Rotterdam, juni 2016, Bodembescherming belast door schroefstralen, Rekenmethodiek Port of Rotterdam versie 1.0
- [30] Rijkswaterstaat, december 2021, RTD 1001 Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken, versie 2.0.

- [31] Rijkswaterstaat, juli 2020, Richtlijnen Vaarwegen 2020.
- [32] Rijkswaterstaat, <https://waterinfo.rws.nl/>.

Bijlagen

Bijlage 1 Toetsing D-Sheet piling

Bijlage 2 Toetsing damwand

Bijlage 3 Sonderingen