

Adviesmemo geotechniek (dijkstabiliteit)

**Monding Kleefse Beek [ZM_152_R]
KRW-ZN DP-5 - Wp-5.1.16
Rijkswaterstaat**

11 april 2023

Contactpersoon

ARCADIS

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Aanleiding en doel	4
1.2	Projectomschrijving	4
1.3	Leeswijzer	5
2	Ontwerp	6
3	Piping (STPH)	9
3.1	Duiker primaire kering (Hoofdstraat)	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
3.2	Groene dijk	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
4	Macrostabiliteit	12
4.1	Macrostabiliteit buitenwaarts (STBU)	12
4.2	Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI)	12
5	Stabiliteit voorland	13
5.1	Golfafslag voorland (VLGA)	13
5.2	Afschuiving voorland (VLAf)	13
5.3	Zettingsvloeiing (VLVZ)	13
6	Conclusie	14

Bijlagen

Bijlage A – Dwarsprofielen SO++	15
--	-----------

Colofon	16
----------------	-----------

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

Kaderrichtlijn Water: Europese afspraken om de waterkwaliteit te verbeteren

Schoon oppervlaktewater is een essentiële randvoorwaarde voor planten en dieren om te kunnen leven. Bovendien biedt het voor de mens een aantrekkelijke leefomgeving. Daartoe hebben de lidstaten van de Europese Unie in 2000 de Kaderrichtlijn Water (KRW) vastgesteld. Doel van de KRW is dat al het water in Europa in 2027 schoon en gezond is.

De KRW-richtlijn bepaalt dat de wateren een goed leefgebied moeten vormen voor de planten en dieren die er van nature thuishoren. De KRW-opgave is het verbeteren van de chemische en ecologische kwaliteit van grond- en oppervlaktewater. Dit geldt voor al het water in Nederland, waarbij Rijkswaterstaat verantwoordelijk is voor het verbeteren van de kwaliteit van het water in de grote rivieren. De KRW kent drie uitvoeringsperioden: 2009-2015; 2016-2021 en 2022-2027. Uiterlijk in 2027 moeten de doelen voor schoon en gezond water zijn gehaald of moeten op zijn minst alle maatregelen zijn genomen om dit mogelijk te maken. Bij het niet halen van de KRW-doelen kan het Europese Hof van Justitie boetes opleggen.

KRW in Nederland

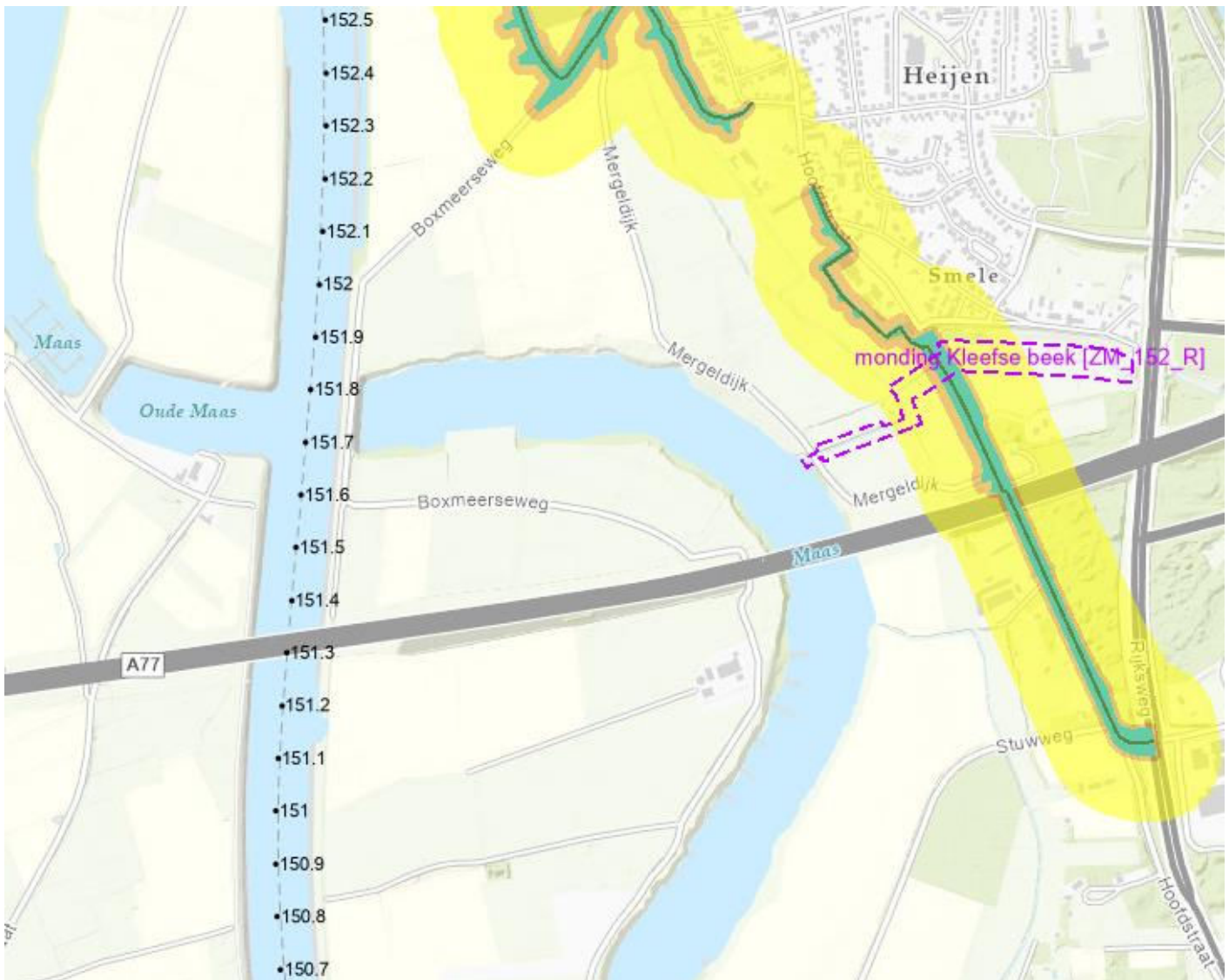
In Nederland is de minister van Infrastructuur en Waterstaat verantwoordelijk voor de uitvoering van de KRW. Om de KRW-doelstellingen te behalen werkt de minister nauw samen met andere overheden, zoals provincies, waterschappen en gemeenten. Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor het verbeteren van de kwaliteit van het water in de grote rivieren, waaronder ook de Maas. Om de ecologische kwaliteit van het water in de Maas te verbeteren heeft Rijkswaterstaat het programma KRW Zuid-Nederland (KRW-ZN) opgezet. Het programma KRW-ZN bestaat uit verschillende typen maatregelen: herinrichting van oevers, uiterwaarden en beekmondingen. Hiermee kunnen verdwenen leefgebieden van waterplanten en -dieren in en langs de Maas weer zoveel mogelijk worden teruggebracht.

Deze memo omvat de maatregel Monding Kleefse Beek (ZM_125_R) uit deelproject 5. De maatregel betreft het meer natuurlijk herinrichten van de beek en het aanbrengen van structuurvariatie. Het doel van dit onderzoek is in beeld brengen of het ontwerp haalbaar is met betrekking tot de waterveiligheid van de waterkering en dient ter onderbouwing van de vergunning aanvraag naar het waterschap.

1.2 Projectomschrijving

De maatregel ligt aan de oostelijke oever van de Maas, tussen Heijen (noord) en de A77 (zuid). Het maatregelgebied loopt van rivierkilometer 151.7 tot 151.9 in het voorland en achterland van normtraject 55-1, die in beheer is van waterschap Limburg. Het maatregelgebied omvat de binnen- en buitendijkse loop van de Kleefse Beek die afwatert in de Oude Maasarm Heijen. Figuur 1 geeft een weergave van de precieze ligging van het maatregelgebied.

De maatregel bestaat uit het natuurlijk herinrichten en structuur aanbrengen in de beek. Door de graafwerkzaamheden in de beekloop is er mogelijk invloed op de achterliggende waterkering en daarmee op de waterveiligheid.

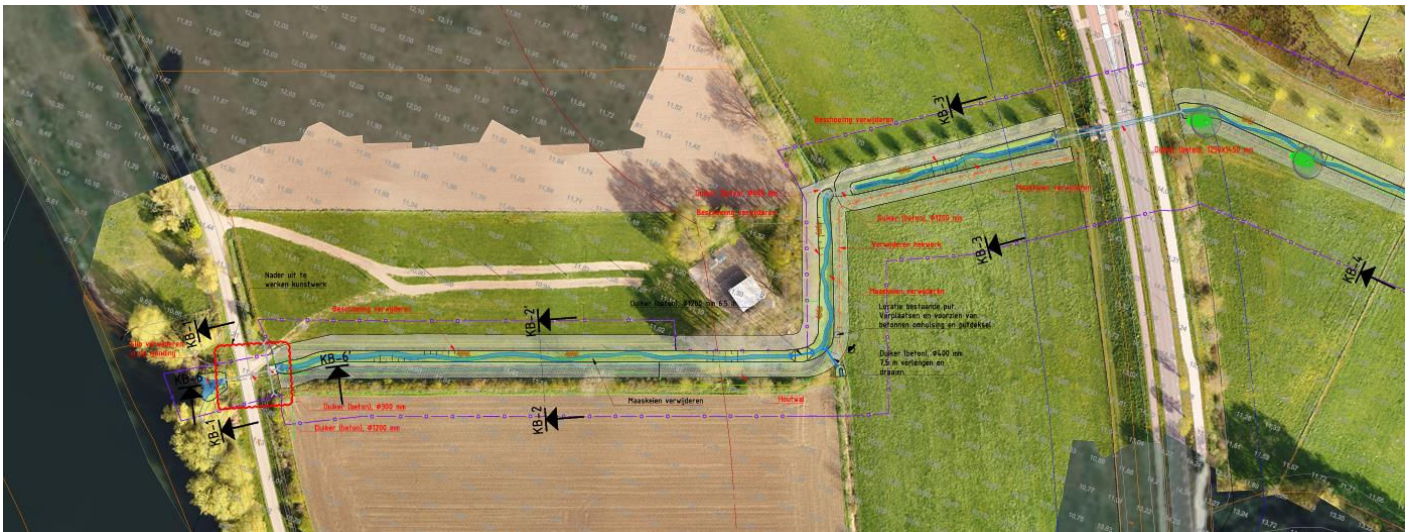


Figuur 1: Maatregelgebied Monding Kleefse Beek (paars gearceerd) ten opzichte van de waterkering en keurzonering (kernzone = lichtgroen, binnen beschermingszone = oranje, buiten beschermingszone = geel)

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt verder uitgeweid over het ontwerp van de maatregel. In hoofdstuk 3 wordt de impact van de KRW-maatregel op het faalmechanisme piping behandeld. In hoofdstuk 4 wordt macrostabiliteit behandeld, in hoofdstuk 5 voorlanden. In hoofdstuk 6 is de conclusie beschreven.

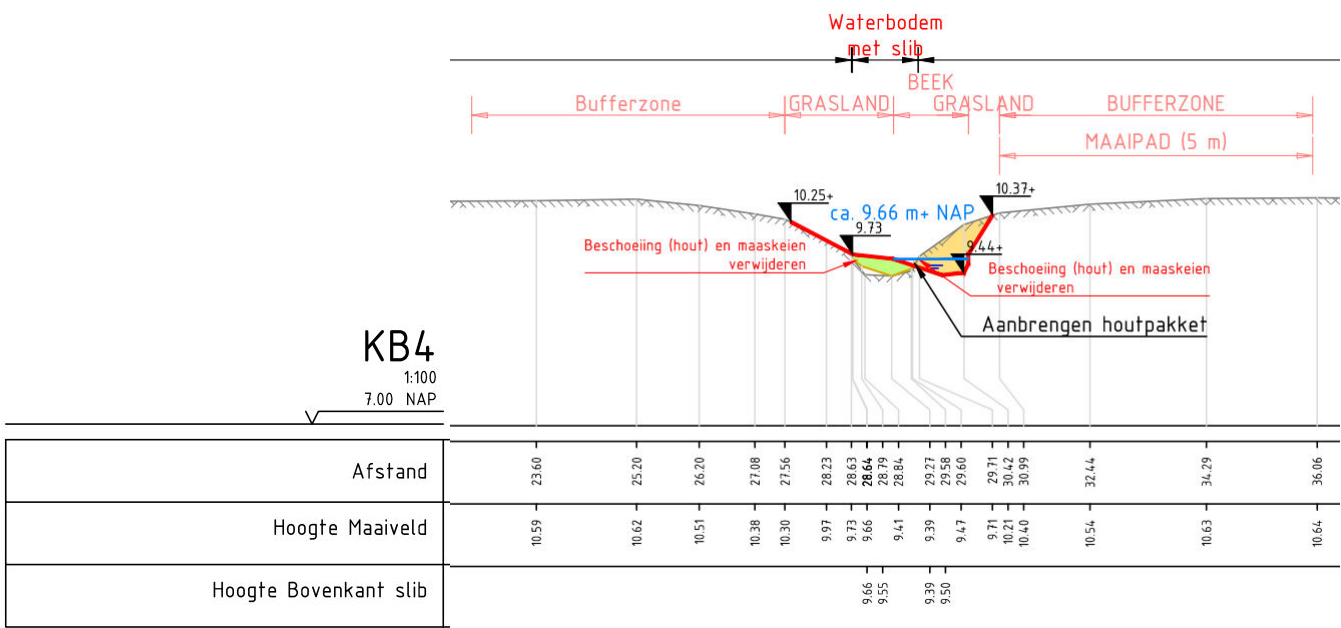
Het hier gepresenteerde ontwerp (hierna SO++, zie ook Bijlage A) bevat zowel buitendijkse (Figuur 2, en zie Figuur 4 voor de legenda) als binnendijkse werkzaamheden (Figuur 3 en zie Figuur 4 voor de legenda) met als doel een meer natuurlijke inrichting van de beekloop¹. Hiervoor worden in de gehele beekloop op een aantal locaties beschoeiing en Maaskeien verwijderd. Om meer structuur aan te brengen worden houtpakketten aangebracht om ruimte te maken voor moerasplanten en komt er een afwisseling tussen steile en flauwe oevers, zie Figuur 5. Hiervoor wordt 10 tot 90 centimeter in de breedte gegraven of grond aangevuld vanaf de slootbodem, de insteek van het talud blijft gelijk. Deze afgravingen vinden plaats op minimaal 15 meter afstand van de binnen- en buitenteen van de kering. De beek loopt via een duiker onder de primaire waterkering door (Hoofdstraat) en mondt uit op de Oude Maasarm Heijen, een zijarm van de Maas. In de monding wordt slib verwijderd en waar nodig steenbestorting teruggeplaatst.



1 Voor alle conditionerende onderzoeken is de onderzoeksinspanning bepaald op het ontwerp uit fase 1 (SO). Het is mogelijk dat gedurende fase 2 (van SO via SO+ naar SO++) het ontwerp van de maatregel aangepast is op basis van voortschrijdende inzichten vanuit omgeving of de uitgevoerde conditionerende onderzoeken. De onderzoeksinspanning is echter altijd dekkend voor het uiteindelijke SO++.

Legenda bestaande situatie		Legenda ontwerp	
	- Bestaande situatie		- Projectgrens
	- Kadastrale grenzen met nummers		- Locaties dwarsprofielen
	- Bestaande rasters		- Ontwerplijnen
	- Maaiveldhoogtes in m NAP (AHN3)		- Ontwerphoogtes in m NAP
	- Open water		- Aanbrengen rasterwerk
	- Gras		- Aanbrengen poort
	- Riet		- Instek talud
	- Beplanting		- Taludlijnen
	- Aanduiding behoud		- Moeraszone
Legenda te verwijderen			- Ruig grasland
	- Verwijderen rasterwerk		- Geul/oppervlaktewater
Legenda beschermingszone's			- Nieuwe sloot
	- Waterstaalwerk		- Heesters/houtwal/singel
	- Beschermingszone		- Bufferzone
	- Buitenbeschermingszone		- Beheer/maai-pad
Legenda K&L			- Aanbrengen dood rivierhout
	- Gasleiding HD (binnen projectgrens)		- Boom
	- Laagspanningskabel		- Heester
	- Middenspanningskabel		- Hoogtepeil
	- DATA kabel		- Aanduiding nieuw
	- Glasvezel kabel		
	- Kabel vrijverval		
	- Drinkwaterleiding		
	- Gas/water afsluiter		
	- Rioolput		

Figuur 4: Legenda SO++ tekening

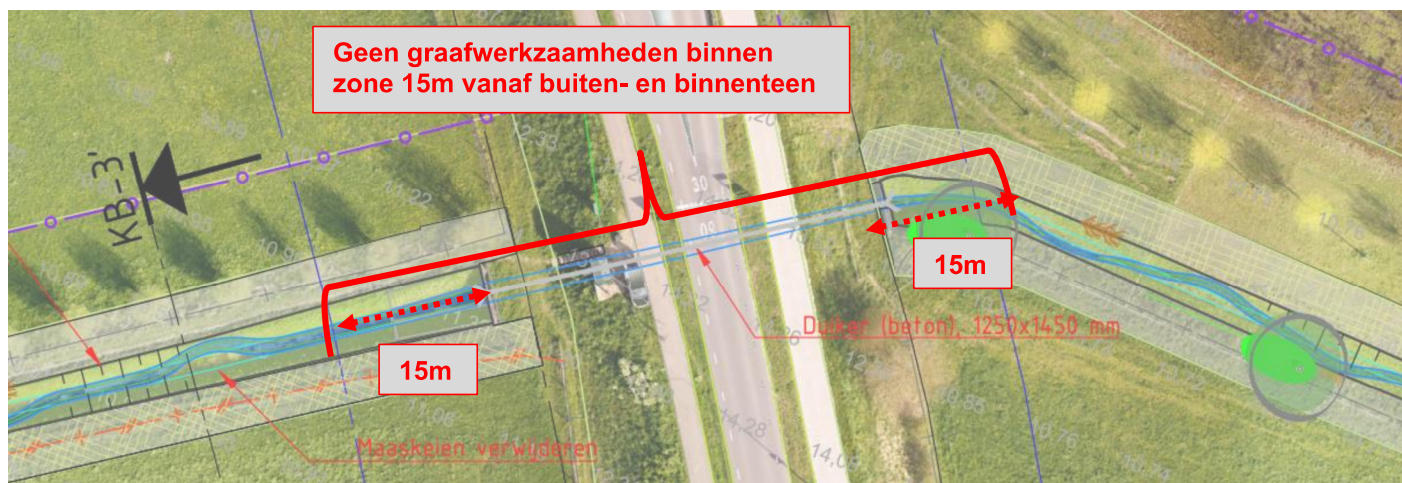


Figuur 5: Doorsnede KB4, door beekbodem 10 tot 90 cm te verplaatsen worden de taluds verflauwd en steiler gemaakt.

3 Piping (STPH)

Piping kan voorkomen tijdens hoogwatersituaties. Door het grote verschil in waterstand voor en achter de waterkering, ontstaan grote drukverschillen. Als er een intredepunt is, kan door die drukverschillen water onder de waterkering doorstromen en bij het uittredepunt achter de waterkering weer uitstromen; hier ontstaat een wel. Door de waterstroming door een zandlaag onder de waterkering, kan het water zanddeeltjes meenemen. Hierdoor ontstaat de kans dat er een pipe ontstaat. Als dit proces langer doorgaat, kan uitslijting van de pipe uiteindelijk leiden tot het instorten van de dijk.

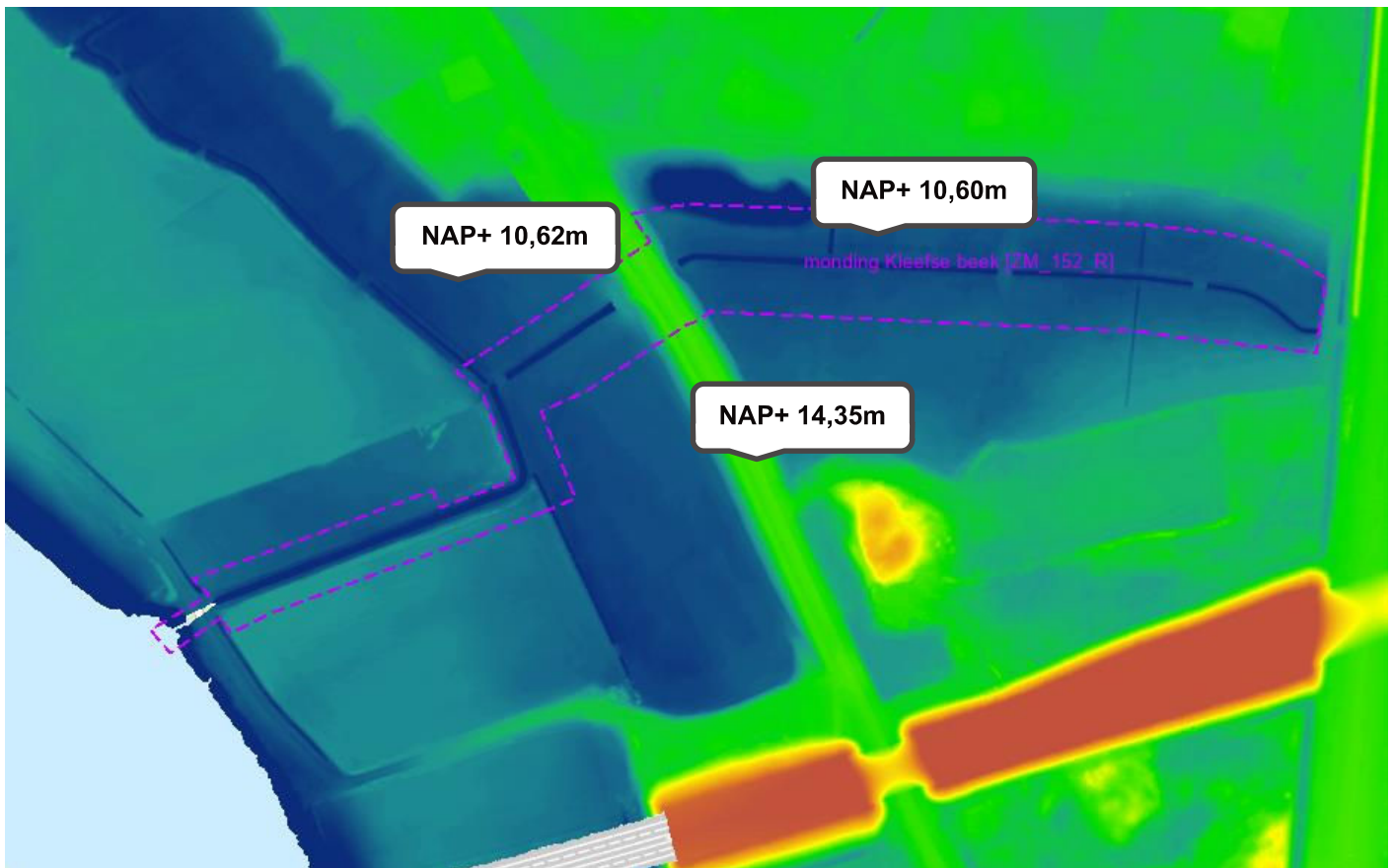
Bij vergravingen in het voorland kan het intredepunt dichterbij de waterkering komen te liggen, met een negatief effect op de waterveiligheid tot gevolg. Bij maatregelgebied Monding Kleefse Beek bestaan de graafwerkzaamheden het dichtst op de kering uit het verflauwen en steiler maken van het talud van de beekloop met enkele tientallen centimeters. Hierbij blijft de insteek gelijk, maar de bodem verplaatst. Deze werkzaamheden vinden plaats op 15 m afstand van de buiten- en binnenteen, zie Figuur 6.



Figuur 6: Afstand graafwerkzaamheden vanaf buiten- en binnenteen waterkering (rood gestippelde pijlen). Rand binnen beschermingszone (donkerblauwe lijn).

Huidige situatie

De maaiveldhoogtes in de huidige situatie zijn gepresenteerd in Figuur 7. De beek snijdt door het voorland en fungeert daarmee als intredepunt voor piping. In het achterland is de beekloop ook het laagste punt waardoor het als uittredepunt fungeert. Het profiel ter hoogte van de Kleefse Beek is maatgevend voor de waterveiligheid.



Figuur 7: Maaiveldhoogte AHN4, voorland-, kruin- en achterlandhoogte

SO++ situatie

In de KRW-situatie wordt er niet in de diepte afgegraven in de beschermingszone. Het intredepunt voor piping, het diepste punt in het voorland, blijft de bodem van de beekloop. Wel wordt de beekbodem 10 tot 90 cm verplaatst waarbij de insteek van het talud gelijk blijft. Het intredepunt schuift daarom mogelijk iets zijdelings op. In het achterland vinden geen werkzaamheden plaats en blijft de situatie hetzelfde.

Het verplaatsen van het intredepunt heeft theoretisch invloed op de kans van piping. Het waterschap geeft aan de leklengte bepalend is voor de mogelijke invloed van de KRW maatregel voor piping. Indien de maatregel binnen de leklengte plaats vindt, dient deze maatregel voorzien te worden van een 1,5 meter dikke kleilaag.

De leklengte wordt als volgt bepaald (uit: Schematiseringhandleiding Piping V4, 28 mei 2021):

$$\lambda = \sqrt{Tc} = \sqrt{\frac{kDD'}{k'}}$$

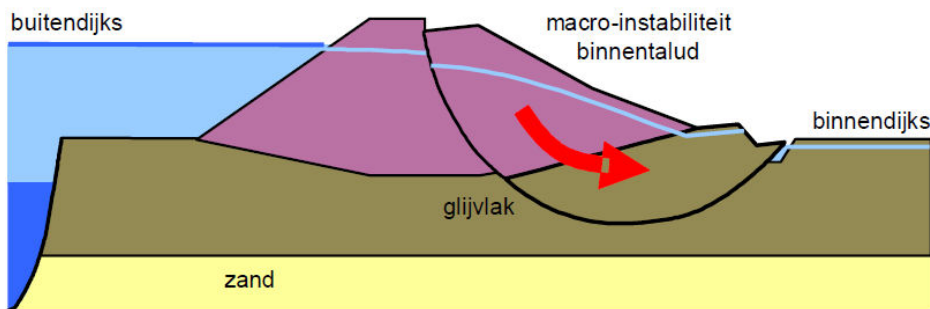
waarin:

- λ leklengte [m].
- T transmissiviteit (kD -waarde) van het zandpakket [m^2/dag] ($T = kD$).
- c hydraulische weerstand in de slecht doorlatende deklaag [dag] ($c = D_{\text{deklaag}}/k'$).
- k doorlatendheid van zandlaag [m/dag].
- D dikte van de zandlaag [m].
- k' doorlatendheid van de deklaag [m/dag].
- D' dikte van de deklaag [m].

Op basis van het beschikbare grondonderzoek en de ondergrondmodellen in Dinoloket wordt de transmissiviteit T verondersteld op $50 \text{ m}^2/\text{dag}$. De deklaag is niet aanwezig in de ondergrondgegevens van Dinoloket, maar er wordt zeer conservatief aangenomen dat deze aanwezig is en een weerstand kent van 5 dagen. Dit geeft een leklengte van 15,8 meter. Daarmee dienen de vergravingen die van 15,0 tot 15,8 meter vanaf de teen van de waterkering voorzien zijn, van een 1,5 meter dikke kleilaag voorzien moeten worden. In het ontwerp wordt dit ruim vertaald naar de vergravingen die 15,0 tot 17,0 meter (dus over twee meter lengte) vanaf de teen van de waterkering voorzien zijn.

4 Macrostabiliteit

Er is sprake van macro-instabiliteit als grote delen van een grondmassief afschuiven langs een schuifvlak. De oorzaak van het afschuiven is een verlies van evenwicht van een grondmassa. Dit evenwicht bestaat uit een aandrijvend moment en een tegenwerkend moment. Zie ook Figuur 8.



Figuur 8: macro-instabiliteit binnenwaarts

4.1 Macrostabiliteit buitenwaarts (STBU)

Voor een eenvoudige analyse of de waterkering voldoet aan macrostabiliteit, wordt uitgegaan van de vuistregel volgens NEN3651 waar wordt gekeken naar de breedte van de stabiliteitszone van de dijk. Uit de vuistregel volgt dat de stabiliteitszone van de dijk niet groter is dan 4x de dijkhoogte.

De kruinhoogte van normtraject 55-1 ligt op circa NAP +14,35 m, de hoogte van het voorland is circa NAP +10,62 m. De dijkhoogte is hierdoor 3,73 m. Hiermee is de breedte van de stabiliteitszone 14,92 m. De eerste horizontale vergraving voor de KRW-maatregel ligt op een afstand van 15 m vanaf de kering. Hierdoor voldoet de afstand aan de vuistregel met betrekking tot de stabiliteitszone en heeft hierdoor geen invloed op de buitenwaartse macrostabiliteit van normtraject 55-1.

4.2 Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI)

Ook voor STBI wordt met de vuistregel volgens NEN3651 gekeken naar de breedte van de stabiliteitszone van de kering. Uit de vuistregel volgt dat de stabiliteitszone van de dijk niet groter is dan 4x de dijkhoogte.

De kruinhoogte van normtraject 68-1 ligt op circa NAP +14,35 m, de hoogte van het achterland is circa NAP +10,60 m. De dijkhoogte is hierdoor 3,75 m. Hiermee is de breedte van de stabiliteitszone 15,00 m. De KRW-maatregel ligt op een afstand van 15 m vanaf de kering. Hierdoor voldoet de afstand aan de vuistregel met betrekking tot de stabiliteitszone.

Daarnaast wordt er minimaal afgegraven in de breedte: 10-90 cm met een flauw talud. Dit heeft geen noemenswaardige invloed op de stijghoogte of het polderpeil ter plekke van de waterkering. Er is dus ook geen invloed op macrostabiliteit binnenwaarts.

De KRW-regel heeft geen invloed op de binnenwaartse macrostabiliteit van normtraject 55-1.

5 Stabiliteit voorland

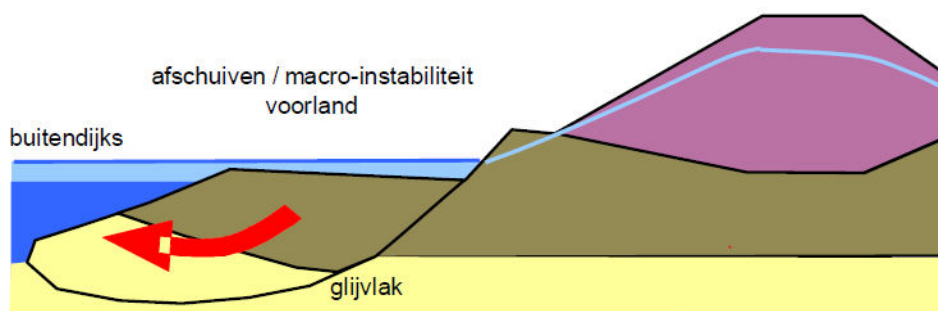
5.1 Golfafslag voorland (VLGA)

Het toetsspoor golfafslag voorland betreft een indirect faalmechanisme. Voor deze beoordeling wordt gebruik gemaakt van een signaleringsprofiel. Het signaleringsprofiel is het profiel van het voorland dat minimaal aanwezig moet zijn om te voorkomen dat eventuele golfafslag schadelijk is voor de waterkering.

De KRW-maatregel komt uit in een geul in de Oude Maas. Er vinden geen veranderingen plaats aan de Maasoever, waardoor de situatie in relatie tot VLGA met betrekking tot de waterkering hetzelfde blijft. De KRW-maatregel heeft geen invloed op het faalmechanisme golfafslag voorland (VLGA).

5.2 Afschuiving voorland (VLAF)

Het afschuiven voorland kan een inleidend mechanisme zijn voor macro-instabiliteit van de waterkering. Wanneer het restprofiel van het voorland na afschuiven de stabiliteitszone van de kering doorsnijdt, kan de kering instabiel worden. Zie ook Figuur 9.



Figuur 9: Principeschets afschuiving voorland

De KRW-maatregel komt uit in een geul in de Oude Maas. Er vinden geen veranderingen plaats aan de Maasoever, waardoor de situatie in relatie tot VLAF met betrekking tot de waterkering hetzelfde blijft. De KRW-maatregel heeft geen invloed op het faalmechanisme afschuiving voorland (VLAF).

5.3 Zettingsvloeiing (VLVZ)

Bij aanwezigheid van zettingsvloeiingsgevoelige ondergrond kan een onderwater zandtalud spontaan instabiel worden, waarna het zand uitvloeit om pas bij een zeer flauwe helling te sedimenteren.

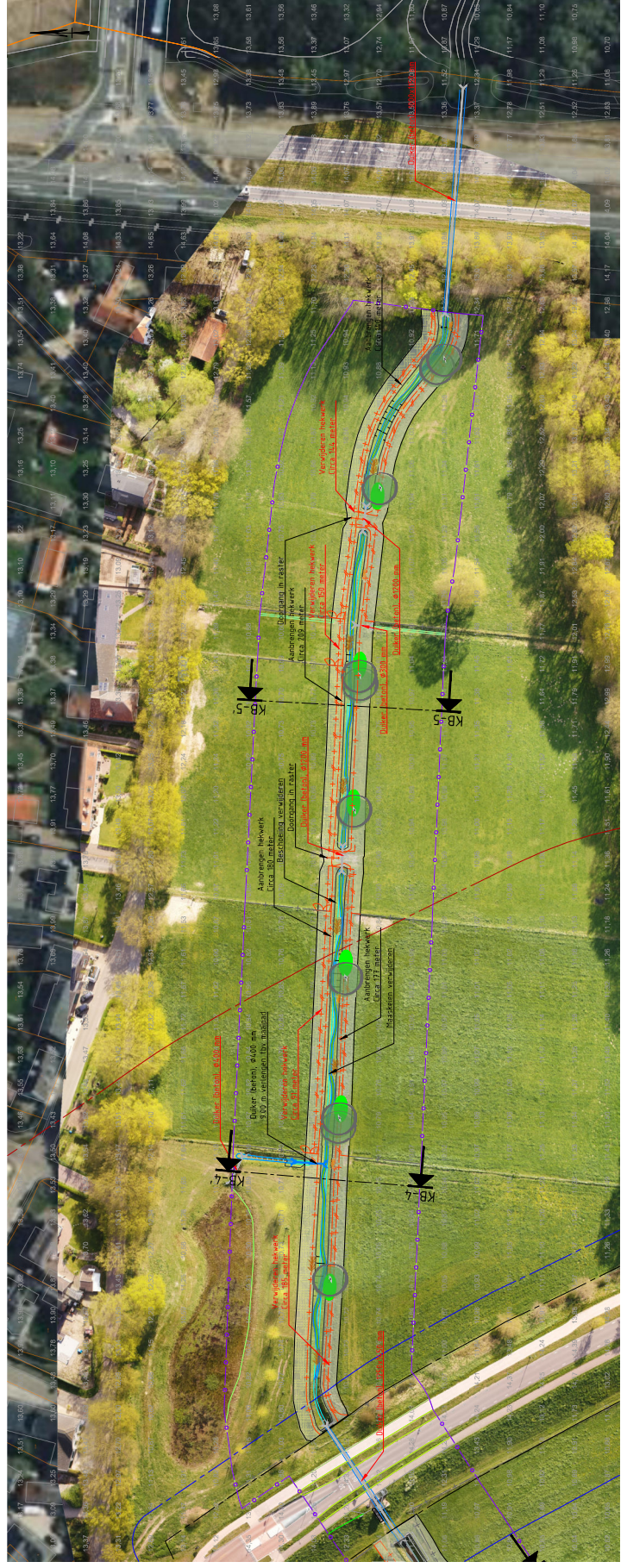
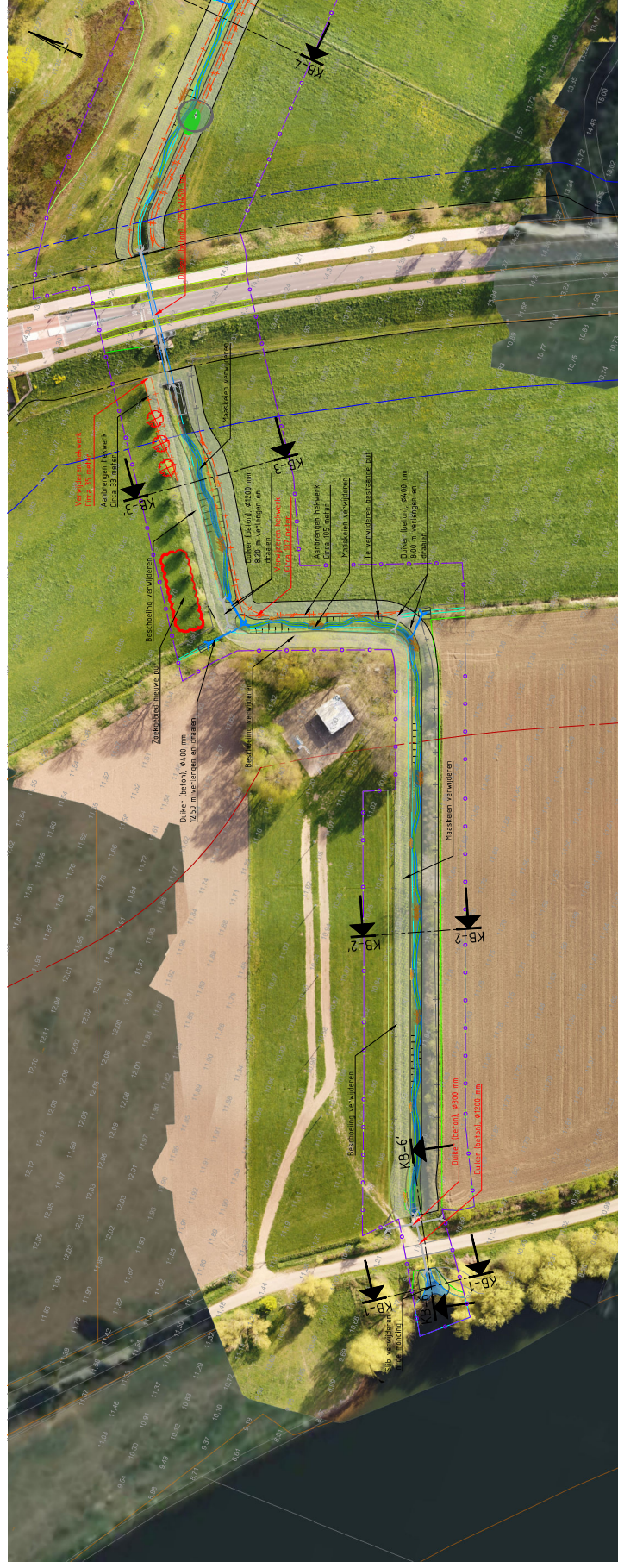
De KRW-maatregel komt uit in een geul in de Oude Maas. Er vinden geen veranderingen plaats aan de Maasoever, waardoor de situatie in relatie tot VLVZ met betrekking tot de waterkering hetzelfde blijft. De KRW-maatregel heeft geen invloed op het faalmechanisme zettingsvloeiing (VLVZ).

6 Conclusie

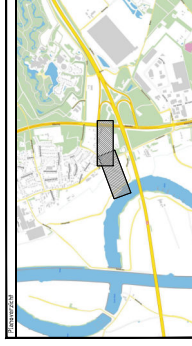
De eerste graafwerkzaamheden van de KRW-maatregel beginnen in de buiten beschermingszone op minimaal 15 m afstand van het dijklichaam. Voor het deel binnen de beschermingszone dient een vergunning aangevraagd te worden bij het waterschap. De werkzaamheden blijven buiten de stabiliteitszone van macrostabiliteit. Ook is er in theorie geen invloed op piping; het maatgevende profiel blijft intact. Daarnaast is de impact van de graafwerkzaamheden minimaal met zo'n 10-90 cm in de breedte waarbij de insteek van de taluds intact blijft. Om eventuele kortere kwelweglengtes te voorkomen ter plaatse van de duiker in de Hoofdstraat, is gekeken of er voldoende leklengte aanwezig blijft. Dit bleek het geval, waardoor piping uitgesloten kan worden. Er is geen invloed op de voorland faalmechanismen. De KRW-maatregel heeft, met inachtneming van bovenstaande, geen impact op de waterveiligheid.

Als in de toekomst een versterking van de waterkering nodig is vanwege hogere waterstanden, zal de herinrichting van de beek niet bijdragen aan een hoger risico op de waterveiligheid door de minimale impact van de ingreep.

Bijlage A – Dwarsprofielen SO++



Lijst van de 100 meest voorkomende tekens	
	A
	B
	C
	D
	E
	F
	G
	H
	I
	J
	K
	L
	M
	N
	O
	P
	Q
	R
	S
	T
	U
	V
	W
	X
	Y
	Z
	a
	b
	c
	d
	e
	f
	g
	h
	i
	j
	k
	l
	m
	n
	o
	p
	q
	r
	s
	t
	u
	v
	w
	x
	y
	z
	0
	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	'
	,
	.
	;
	:
	"
	&
	*
	#
	\$
	%
	^
	_
	~
	!
	?
	@
	#
	\$
	%
	^
	_
	~
	!
	?
	@
	#
	\$
	%
	^
	_
	~
	!
	?
	@
	#
	\$
	%
	^
	_
	~
	!
	?
	@
	#
	\$
	%
	^
	_
	~
	!
	?
	@
	#
	\$
	%
	^
	_
	~
	!
	?
	@
	#
	\$
	%
	^
	_
	~
	!
	?
	@
	#
	\$
	%
	^
	_
	~
	!
	?
	@
	#
	\$
	%
	^
	_
	~
	!
	?
	@
	#
	\$
	%
	^
	_
	~
	!
	?
	@
	#
	\$

[illegible]

Colofon

ADVIESMEMO GEOTECHNIEK (DIJKSTABILITEIT)
MONDING KLEEFSE BEEK [ZM_152_R]
KRW-ZN DP-5 - WP-5.1.16

KLANT
Rijkswaterstaat

AUTEUR
Arcadis

PROJECTNUMMER
C05056.000059

DATUM
11 april 2023

STATUS
Definitief