

Toelichting

Betref	Gemaal Commandeurskade te Maasland Toetsing m.b.t. vervangende waterkering
Ons kenmerk	HHD021-0001
Datum	20 mei 2022
Behandeld door	ing. H. van Heur

Inleiding

De afwatering van de Commandeurspolder wordt door het Hoogheemraadschap van Delfland verzorgd via het bestaande gemaal aan de Commandeurskade in Maasland, in de gemeente Midden-Delfland. Het huidige gebouw van het gemaal dateert uit 1893 en is een gemeentelijk monument. Dit oude gemaal bevindt zich in een slechte staat van onderhoud en voldoet niet meer aan de huidige wet- en regelgeving, waaronder de arbo-technische eisen. In een eerder planstadium heeft het Hoogheemraadschap geconcludeerd dat renovatie van het gemaal niet meer haalbaar is en een nieuw gemaal gerealiseerd dient te worden.

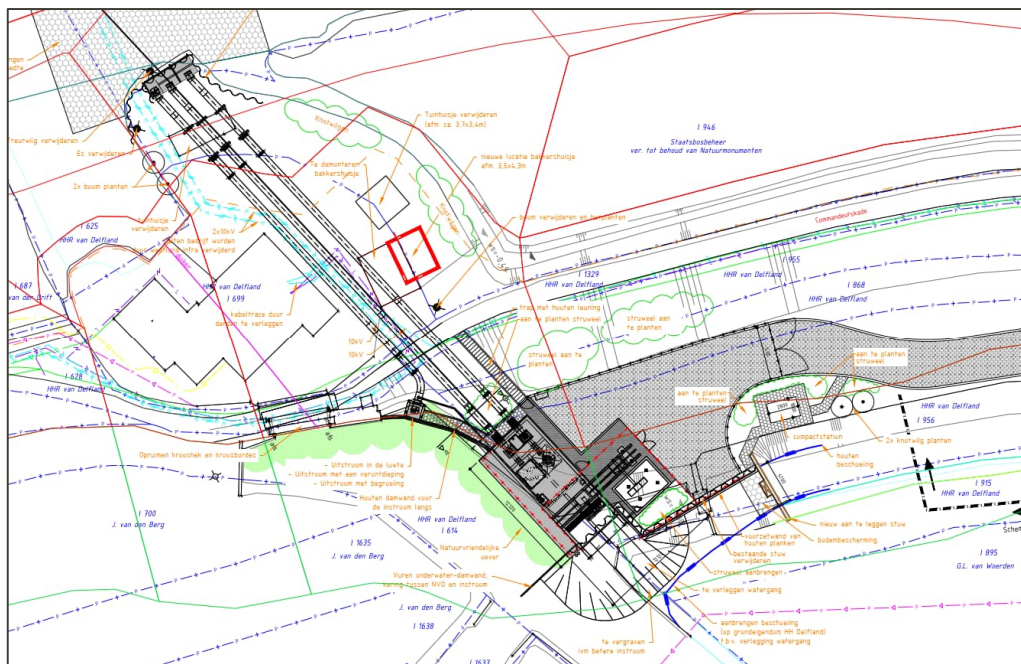
In 2019 en 2020 is door het Hoogheemraadschap van Delfland een initiële variantenstudie en schetsontwerp gemaakt voor een nieuw gemaal voor de Commandeurspolder. Vanaf eind 2020 is door ingenieursbureau Kragten in opdracht van het Hoogheemraadschap van Delfland een nadere variantenstudie uitgevoerd. Geconcludeerd is dat een locatie aan de Commandeurskade nabij het bestaande gemaal de meest geschikte locatie is voor het nieuwe poldergemaal.

Vervolgens is een plan voor een nieuw ondergronds poldergemaal (zonder S2 bedieningsgebouw) ontwikkeld naar Voorontwerp+ stadium. Er worden 2 polderpompen met elk een nieuwe persleiding, alsmede een vismigratieleiding langs en door de boezemwaterkering aangelegd naar de boezemvaart (Zuidgaag). De nominale capaciteit per polderpomp wordt 1.200 m³/h. In samenloop verpompt het nieuwe gemaal 2.400 m³/h.

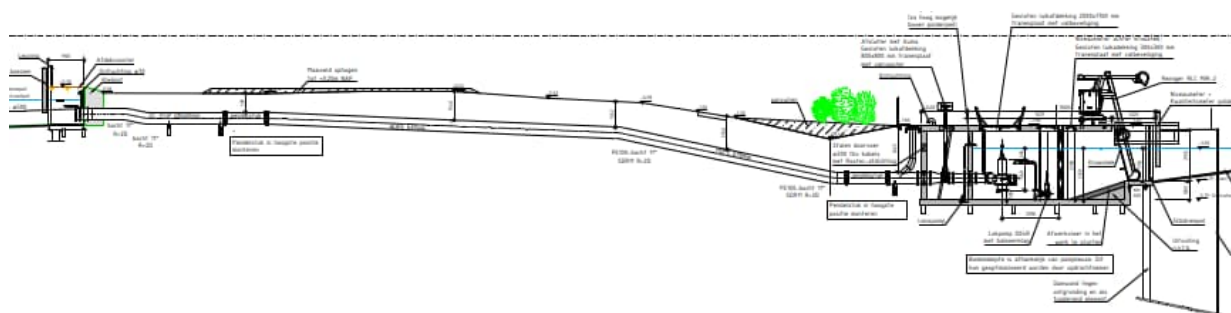
Voor de aanleg van het gemaal en met name de benodigde leidingen zijn de Keur en de Beleidsregel Medegebruik Waterkeringen van het Hoogheemraadschap van Delfland van toepassing. De genoemde regelgeving verklaart NEN 3651 van toepassing, waarin nadere voorschriften voor leidingen in en nabij waterkeringen gegeven worden. In deze notitie wordt de toetsing ten aanzien van een vervangende waterkering in de zin van NEN 3651 beschouwd en toegelicht. Dit is met het projectteam en afdeling Waterkeringen van het Hoogheemraadschap van Delfland reeds besproken.

Locatie

Het nieuwe gemaal wordt binnendijks van de boezemwaterkering langs de Commandeurskade aangelegd, zoals in de afbeelding op de volgende bladzijde is weergegeven. Vanaf het gemaal worden 2 HDPE DN630mm persleidingen aangelegd naar de Zuidgaag. Tevens wordt er een vismigratieleiding HDPE DN630mm aangelegd tussen de Zuidgaag en de watergangen van de polder. De leidingen komen vanaf het nieuwe gemaal langs het oude gemaal en de waterkering te liggen, om vervolgens de waterkering te kruisen en met een uitstroomwerk te eindigen in de boezemvaart (Zuidgaag). Om de aanleg van de leidingen mogelijk te maken zal het oude, vervallen bakhuisje verplaatst en gerenoveerd worden.

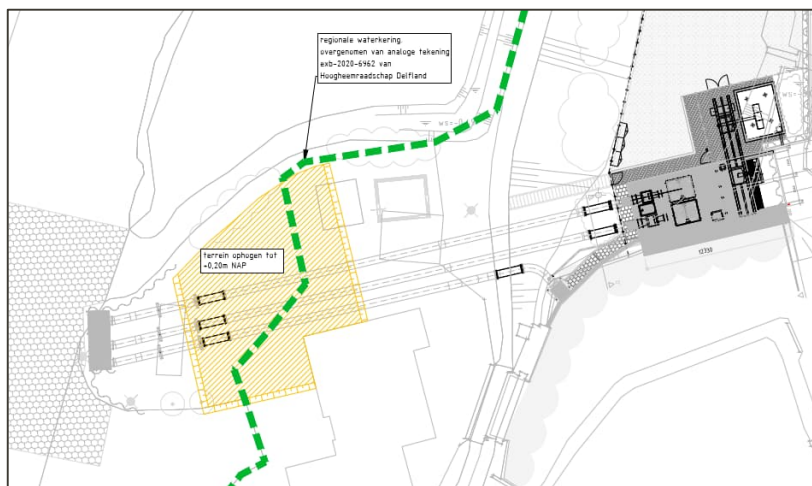


De onderstaande afbeelding geeft de langsdorsnede weer van het nieuwe gemaal en de leidingen door de boezemwaterkering naar de Zuidgaag.



Leidingkruising door de waterkering

De onderstaande kaart laat de plaats van de waterkering (groene stippellijn) in het plangebied zien. De kering is met knikken om het oude gemaal heen aangelegd. Te zien is hoe de nieuwe leidingen (in grijs) vanaf het nieuwe gemaal in een rechte lijn langs het oude gemaal, door de waterkering komen te liggen.



In het plangebied rond het oude gemaal staan o.a. het bakhuisje en een aantal bomen. Het terrein is verder in gebruik als tuin van de bewoners. Langs de waterkering groeien knotwilgen, welke alle gehandhaafd moeten blijven. Het leggen van de leiding "bovenop" de waterkering, met een extra terp van grond als afdekking op de leidingen, zoals NEN3651 als een basisoptie genoemd, is in dit plan niet toepasbaar. De leidingen worden (in fases met tijdelijke keringen) door de bestaande kering aangelegd met het lengteprofiel zoals te zien in de afbeelding op de vorige bladzijde.

In het platte vlak gekeken, komen de nieuwe leidingen (voor een deel) parallel te liggen aan de waterkering. Deze wordt vervolgens schuin gekruist. Tussen ca. het oude gemaal en de uitstroomvoorziening liggen de leidingen in een stukje gebied dat aan drie zijden omsloten wordt door water.

Vervangende kering en toetsingsmethodiek

Een standaardoplossing voor de kruising van de leidingen en waterkering op basis van de NEN3651, met haaks op de leidingen een stalen damwand als vervangende waterkering, biedt voor deze locatie geen sluitende aanpak. Bij berekening volgens NEN3651 is maar een damwand met kleine breedte nodig, ca. 3 tot 3,6 meter uit de leiding, echter dit houdt geen rekening met de parallele ligging van de leidingen met de waterkering. De omstandigheden maken een specifieke beschouwing van de kruising nodig. Er is hier gekozen om op maatgevende locaties in het plangebied een toetsing van de waterkering op voldoende minimum restprofiel bij maximale erosiekraters uit te voeren. De aanpak heeft een analogie met hoe een verheelde waterkering wordt getoetst in NEN3651. Deze toetsing is hieronder in de notitie uitgewerkt en toegelicht.

1. Bepaling erosiekraters

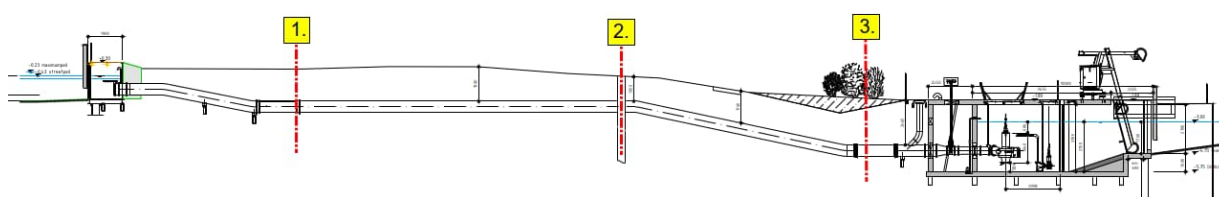
Als eerste stap worden de maximale erosiekraters bepaald die optreden als een gat zou ontstaan in een leiding. Hiertoe worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

Uitgangspunten:

1. De persleidingen zijn qua optredende waterdruk en de door de zware polderpompen van het gemaal geleverde debieten maatgevend voor de toetsing van de waterkering.
De vismigratieleiding is een vrijvervalleiding; zodoende zijn de optredende waterdrukken in de leiding lager en het debiet kleiner dan in de persleidingen. De vismigratieleiding is standaard aan beide uiteinden, ter plaatse van binnen en buitendijks talud van de waterkering met automatische afsluiters afgesloten. Er kan dus niet ongecontroleerd een waterstroming onder vrij verval ontstaan door de leiding. De migratieleiding wordt voorzien van een lokpomp, maar deze mag als niet maatgevend beschouwd worden vergeleken met de polderpompen. Het verpompt debiet is veel kleiner en de werkdruk is gering in de DN630mm leiding.
2. De persleidingen worden gemaakt HDPE buizen met spiegellassen. De leidingen worden voor inbedrijfname op sterkte en dichtheid en getest. Van dergelijke buizen mag aangenomen worden dat in geval van schade de leiding niet spontaan helemaal openbreekt. Een gat zal gaandeweg in omvang toenemen tot maximale grootte en er treedt geen volledige afschuiving op.
3. Gelet op de complexe locatie is voor de berekening van de erosiekraters nader gekeken naar de relatie tussen gatgrootte en werkdruk ter plaatse van het werkpunt druk & debiet van de polderpomp.
 - De grootste krater treedt *niet* per definitie op bij het grootste gat en grootste debiet.
 - Een lek begint klein, het lekdebiet is dan klein en de werkdruk is dan nog maximaal.
 - Zolang er nog water door de persleidingen naar de boezem afgevoerd wordt, is het boezempeil bepalend voor de druk; de druklijn (piëzometrisch nulniveau) van de persleiding ligt dan altijd hoger of gelijk aan het boezempeil. Dit geeft een ondergrens.

- Met het groeien van het gat en het ontstaan van een lekweg en vervolgens krater, zal de druk ter plaatse van het gat afnemen.
- Er is een voorlopige pompselectie voor het VO+ beschikbaar, welke de definitieve pompen met voldoende nauwkeurigheid benadert. De beschikbare pompcurve is toegepast voor deze toetsing. Het nominale pompdebiet is 1.200 m³/h maar afhankelijk van de gatgrootte en locatie stelt het debiet door het gat en de pomp zich anders in.

Aan de hand van genoemde uitgangspunten en het lengteprofiel van de persleidingen is de maximale grootte van de erosiekraters op de maatgevende locaties bepaald. Deze zijn in de onderstaande afbeelding aangeduid. In de tabel zijn vervolgens de resultaten vermeld. De rekenbladen zijn vermeld in bijlage 1, 2 en 3 van deze notitie.

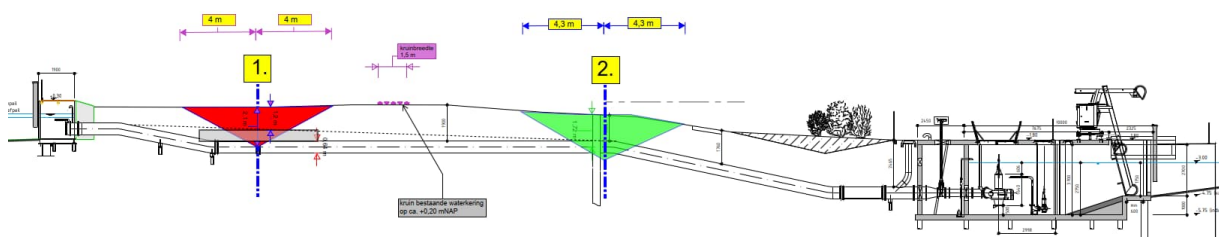


Locatie	R _{b, max} krater [m] afgerond
1. nabij de uitstroom / zijde boezemvaart	max. 4 meter
2. bij de binnenkruinrand van de waterkering	max. 4,3 meter
3. nabij het nieuwe gemaal (diepste deel)	max. 5,3 meter

Te zien is dat op de drie maatgevende locaties de maximale grootte van de kraters onderling verschillend is. Dit komt doordat de aspecten die onderdeel uitmaken van de berekening op de locaties onderling verschillend zijn. Zo is de werkdruk in de persleiding nabij het nieuwe gemaal hoger dan bij de uitstroom. In het algemeen kan dus voor dit project geconcludeerd worden dat hoe dicht er bij de uitstroom gekeken wordt, des te kleiner de maximaal berekende kraters zijn.

2. Toetsing vervangende kering met maximale erosiekraters op voldoende restprofiel

Met de berekende maximale erosiekraters wordt de kering getoetst op voldoende restprofiel. Dit wordt gedaan door met de berekende kraters het minimaal benodigde profiel van de waterkering te bepalen, dat nodig is om voldoende restprofiel van de waterkering te bieden voor het geval er bij een lek de maximale krater zou ontstaan. In de onderstaande afbeelding zijn de maximale kraters op locatie nr. 1 (rood gekleurd) aan zijde boezemvaart en locatie nr. 2 (groen gekleurd) weergegeven. Locatie 3 wordt verderop in deze nota beschouwd.

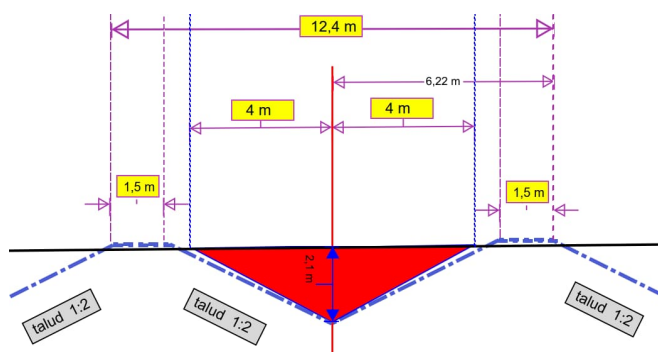


2.1 Hoge gebied tussen boezem en binnenzijde kruin waterkering (locatie 1 en 2)

Als eerste wordt voor de rood gekleurde krater aan zijde van de boezemvaart het minimaal benodigde dijkprofiel van de waterkering uitgewerkt. Na iteratie met berekeningen is ervoor gekozen om de persleidingen in het gebied rond de rode krater op 1,2 meter gronddekking te leggen. Dit beperkt de effecten van de ontgroning bij lekkage. Zodoende is dit in de bovenstaande doorsnede ingeschetst en wordt in de tekening van het VO+ uitgewerkt. Voor het minimaal

dijkprofiel wordt een talud 1:2 toegepast met de kruin op leggerhoogte en kruinbreedte van 1,5 meter conform de legger. Conform NEN3651 is met 1,2 meter gronddekking op de persleiding de maximale diepte van de ontgraving 2,1 meter.

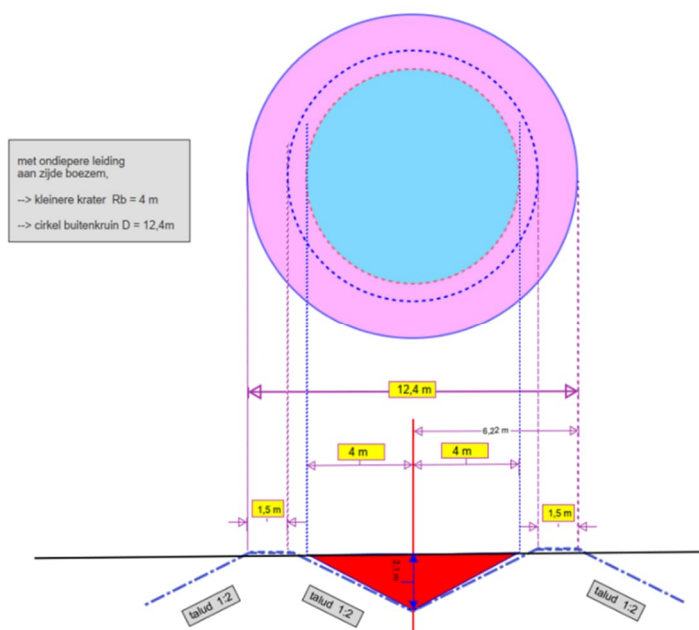
Grafisch uitgewerkt levert dit de onderstaande afbeelding op van de krater en het minimum vereiste dijkprofiel eromheen. De persleiding loopt door het midden van de krater.



Rondom de krater ontstaat zo een minimaal vereiste veilige (buiten)kruinbreedte van 12,4 meter. Het minimaal benodigde profiel moet op leggerhoogte komen te liggen, daarom is het dijkprofiel dan ook 10 - 20 cm hoger aangeduid dan het maaiveld.

Op vergelijkbare wijze is het minimumprofiel opgesteld voor de groene krater nabij de binnenste kruinrand van de waterkering. Dit is in bijlage 4 weergegeven. De minimaal vereiste veilige buitenkruinbreedte is daar 15,4 meter.

Deze doorsnede profielen gelden in elke richting waarin de erosiekrater wordt bekeken, in de HDPE leiding zonder volledige afschuiving is bij een groot lek gat de krater cirkelvormig. Zodoende kan van het dwarsprofiel een cirkelvormige projectie op het maaiveld gemaakt worden, zoals in de onderstaande afbeelding.



De cirkels geven het gebied aan van de erosiekrater tot en met de gehele benodigde minimaal benodigde 1,5 m kruinbreedte van de waterkering. Indien het gebied binnen de buitenste cirkel op leggerhoogte aangelegd wordt, is er altijd voldoende restprofiel in de waterkering als er een maximale erosiekrater zou ontstaan. Ontstaat de krater enigszins uit het midden, dan is er aan tegenoverliggende zijde nèt voldoende dijkprofiel etc. Er is dan geen vervangende waterkering (damwand) nodig, omdat er vanzelf altijd voldoende waterkeringsprofiel overblijft.

de waterkering niet tot nabij locatie 1 (de gekleurde cirkel). Hier biedt de bestaande waterkering altijd het minimum profiel, of meer, als er een maximale erosiekrater ontstaat.

Conclusie: het is dus in het gestippelde gebied niet nodig om het maaiveld in het gebied naast de strook van de waterkering op peil +0,2 mNAP te brengen, met als kleine uitzondering het kleine buitendijkse overhoekje tussen buitenkant waterkeringsstrook + stippellijn + gekleurde cirkel.

Een vervangende waterkering is ook niet nodig.

Toetsen zuidelijke persleiding:

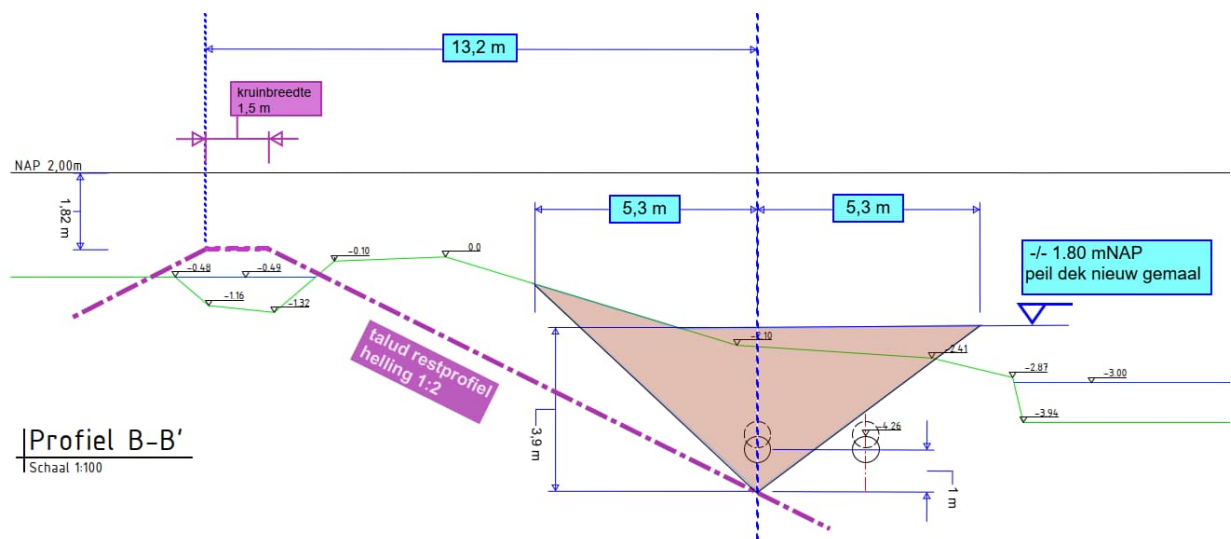
In de rechter afbeelding is te zien dat de gekleurde cirkels van locatie 1 bij de zuidelijke persleiding aan boven/noordzijde minder ver reiken dan bij de noordelijke persleiding (zie de linker afbeelding). Een krater dicht bij de uitstroom/boezem wordt altijd afgeschermd door voldoende achterland als het maaiveld binnen de cirkel op leggerhoogte waterkering +0,2 mNAP ligt en de cirkel aangesloten is op de bestaande waterkering. Aan de zuidwestzijde van locatie 1 liggen de gekleurde cirkels die de bestaande waterkeringsstrook doorsnijden nog op korte afstand van de watergang (zie stippellijn).

Conclusie: door te zorgen dat het gebied in de cirkels op peil +0,2 mNAP ligt is hier geen vervangende waterkering nodig.

Bij beschouwen van locatie 2, met de gestippelde cirkel (15,4 m diameter – zie bijlage 4) bij de binnenrand van kruin waterkering (tevens ca. locatie van de topbocht in de persleidingen) is te zien dat de cirkels en dus kraters verder van de bestaande waterkeringsstrook vallen dan in het geval van de noordelijke persleiding. Er is hier dus meer extra restprofiel over; de conclusies zijn zodoende hetzelfde als bij de noordelijke leiding, er is geen vervangende kering nodig.

2.2 Lage gebied tussen nieuwe gemaal en binnenzijde kruin waterkering (locatie 3)

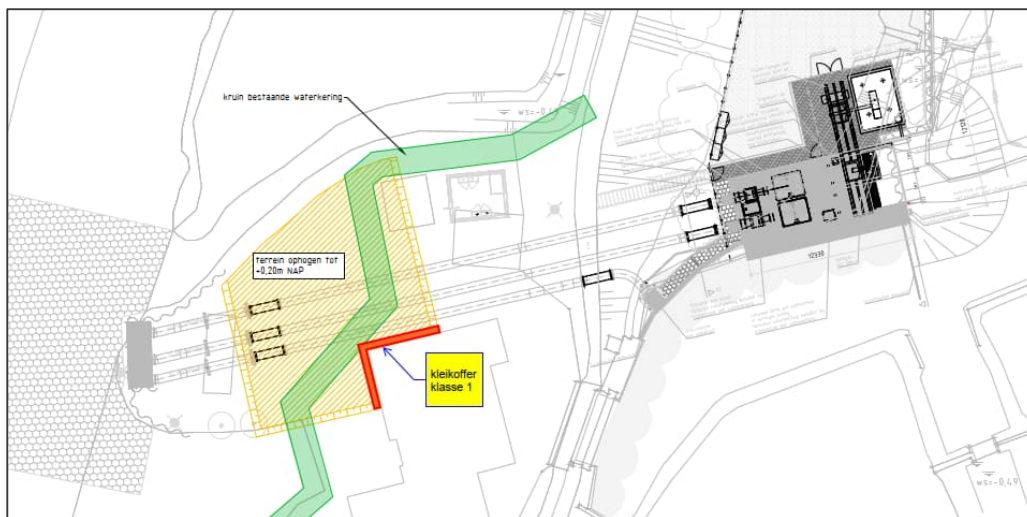
Locatie 3 nabij het nieuwe gemaal ligt in de polder en beduidend lager dan de waterkering. De erosiekraters zijn hier groter doordat de werkdruk hoger is. Ook maakt het talud van de waterkering langs de rand van de polder de situatie anders. Voor het minimaal dijkprofiel wordt een kruin op leggerhoogte +0,2 mNAP en een kruinbreedte van 1,5 meter toegepast. Conform NEN3651 is de maximale diepte van de ontgroning nabij het nieuwe gemaal 3,9 meter. De situatie met erosiekrater, waterkering en het minimum vereiste dijkprofiel met een talud 1:2 eromheen is voor het lage gebied in het plan grafisch uitgewerkt.



3. Conclusies

Op basis van de voorgaande toetsing volgen de onderstaande conclusies:

1. Tussen locatie 1 en 2 kan ervoor gekozen worden om geen vervangende waterkering toe te passen. Dit onder de conditie dat het maaiveld in het gebied dat de toets-cirkels omhult op leggerhoogte +0,2 mNAP is of wordt afgewerkt. Daardoor wordt er gezorgd voor voldoende restprofiel van de waterkering indien er maximale erosiekraters ontstaan. Dit gebied is in de volgende afbeelding okerkleurig ingetekend.



Geadviseerd wordt om naast het bestaande gemaal een kleikoffer van kleiklasse 1 aan te brengen in de bodem. De leidingen dienen te worden voorzien van een kwel scherm.

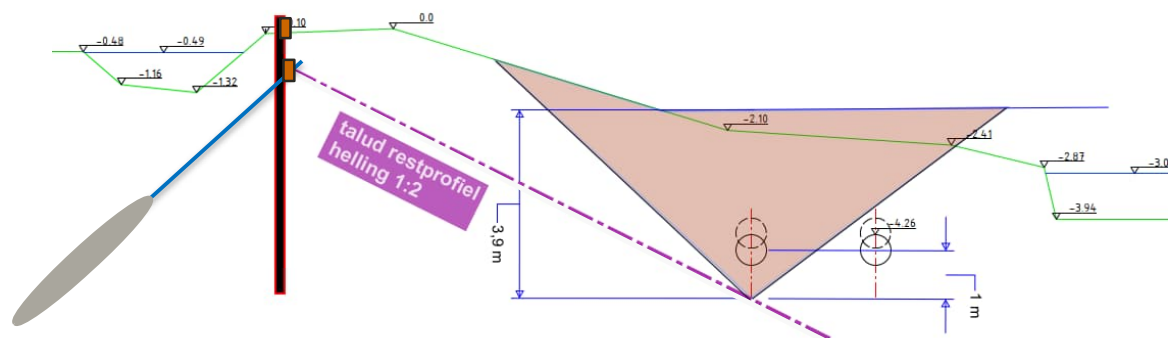
2. In de hoek van de bestaande boezemwaterkering, bij het natuurgebied achter het bakhuisje is er te weinig restprofiel in de waterkering als er maximale erosiekraters ontstaan. Het is nodig hier in de hoek van kruin waterkering maatregelen te treffen en in principe een damwand te plaatsen. De lengte in het bovenzvlak is 13 m¹. In de afbeelding op bladzijde 8 en in de onderstaande foto is de damwand ingetekend. De hoekvorm van de damwand geeft tevens extra inwendige stevigheid.



Vanwege de T=100 jaar eis voor waterkerende objecten in waterkeringen wordt een stalen of betonnen damwand als meest aangewezen optie gezien. Dit zijn ook kostbare oplossingen, die vanuit de fabricage minder goed scoren op duurzaamheid. Beschikbaarheid van materialen in de markt kan ook een aandachtspunt worden. Overwogen zou kunnen worden of een houten wand acceptabel kan zijn. Het zal dan op voorhand noodzakelijk zijn om de houten wand eerder te vervangen dan stalen of betonnen damwanden. De technische levensduur van een houten wand is ca. een factor 4 minder dan die van stalen en betonnen wanden.

De mogelijke lengtes van houten damplanken zijn veel korter dan van stalen en betonnen damwanden en de profielen zijn minder sterk. De damwand mag vanuit NEN3651 niet verankerd worden. Echter deze situatie betreft een parallelle plaatsing van de damwand ten opzichte van de leidingen. Daarom is verankeren toestaan wel te overwegen in dit geval. Voorwaarde is dat ankers voldoende diep worden aangebracht onder de watergang en een adequate levensduur hebben. Daartoe dient gezorgd te worden voor een goede corrosiebescherming van de ankers en onderdelen.

Verder levert ook de hoekvorm van de damwand een bijdrage aan sterkte en stabiliteit, waarbij ook een gording nog een rol kan spelen. In de UO-fase dient bij de definitieve materiaalkeuzes met geotechnische berekeningen op basis van T=100 jaar veiligheidsparameters het evenwicht en de sterkte van een houten damwand beoordeeld te worden, met een restprofiel van 1:2 aan de passieve zijde van de wand.

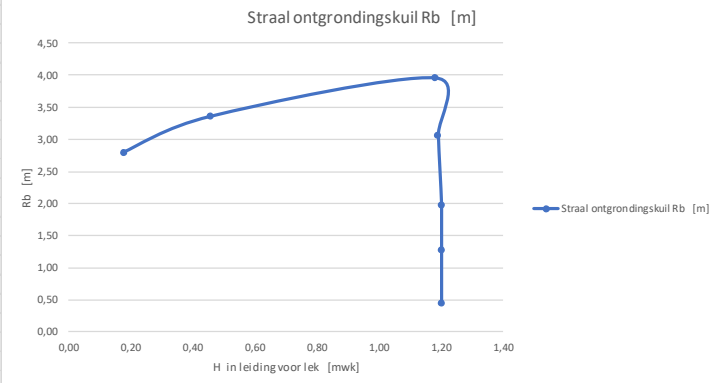


Bijlagen

1. Tabel rekenresultaten en grafiek erosiekraater nabij uitstroom/zijde boezemvaart.
2. Tabel rekenresultaten en grafiek erosiekraater bij de binnenkruinrand van de waterkering.
3. Tabel rekenresultaten en grafiek erosiekraater nabij het nieuwe gemaal.
4. Minimumprofiel locatie 2 t.p.v. binnen-kruinrand waterkering

Bijlage 1: Tabel rekenresultaten en grafiek erosiekrater nabij uitstroom/zijde boezemvaart.

Qmax	1200 m ³ /h		0,333 m ³ /s	20 m ³ /h			
pd max	2 mwk						
DN inw	515,4 mm		LAATSTE DEEL VAN PERSLEIDINGEN, diepte met 1,2 m dekking, IN KRUIJN WATERKERING				
Rho	1000 kg/m ³						
g	9,81 m/s ²						
A	0,20863094 m ²						
v max	1,60 m/s						
H [mwk]	1,20	1,20	1,20	1,19	1,18	0,456	0,177
Diameter gat dg [m]	0,01	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5154
% * hoogte DN inw. buis	2%	10%	19%	39%	58%	78%	100%
A gat in buis (bruto) [m ²]	0,0001	0,0020	0,0079	0,0314	0,0707	0,1257	0,2086
% * A gat / A DN inw. buis	0,04%	0,94%	3,76%	15,06%	33,88%	60,23%	100,00%
mu [-]	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99	1,00
A lekstraal (netto) [m ²]	0,0001	0,0019	0,0077	0,0307	0,0690	0,1245	0,2079
v gemidd. lekkende waterstraal [m/s]	4,8522	4,8522	4,8522	4,8320	4,8116	2,9911	1,8635
Q lek [m ³ /s]	0,00037	0,00930	0,03721	0,14823	0,33218	0,37246	0,38742
Q lek [m ³ /h]	1	33	134	534	1196	1341	1395
Q einde leiding [m ³ /s]	0,3330	0,3240	0,2961	0,1851	0,0012	0,0000	0,0000
Q einde leiding [m ³ /h]	1199	1167	1066	666	4	0	0
P hydrau [W]	4	109	438	1730	3845	1666	673
Straal ontgrondingskuil Rb [m]	0,46	1,27	1,98	3,07	3,95	3,36	2,79
= druk berekend o.b.v. werkpunt debiet uit leidingcurve en pompcurve							



Straal ontgrondingskuil Rb [m]

Bijlage 4: minimumprofiel locatie 2 t.p.v. binnen-kruinrand waterkering

