



RAPPORT

Effect pompen in Houtribdijk op ontwerp Markermeerdijken

Klant: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

Referentie: RDCAB5488R001F02

Versie: 03/Final

Datum: 9 juli 2015



3 Uitgangspunten

3.1 Algemene uitgangspunten voor analyse van effect pompen

3.1.1 Vertrekpunt VOPP zonder nieuwe ontwikkelingen

Het vertrekpunt voor de uitgevoerde analyses is het in februari 2015 opgeleverde Voorlopig Ontwerp Projectplan (VOPP). Dit VOPP bestaat uit een set tekeningen en een Technisch Achtergrond Document (HHNK, 2015). De uitgangspunten gehanteerd bij het VOPP gelden ook voor deze studie. Er zijn echter afwijkingen en nieuwe uitgangspunten die in dit hoofdstuk zijn benoemd.

Naast deze studie naar de invloed van het plaatsen van pompen in de Houtribdijk op het huidige ontwerp, zijn de belangrijkste lopende studies die mogelijk ook grote invloed hebben op het huidige ontwerp de volgende:

- Dijken op Veen (DoV)
- Overgang van gedraineerd op ongedraineerd rekenen voor kleigronden
- Nieuwe normering (WTI2017, OI2014/2015)

Het al lang lopende onderzoek Dijken op Veen (DoV) heeft betrekking op de geotechnische sterkteparameters van grondlagen (met name veen en in mindere mate klei).

Daarnaast wordt gebruik gemaakt van nieuwe inzichten in de geotechnische berekeningen (ongedraineerd rekenen).

Het inzicht tot nu toe is dat aan veen een hogere sterkte kan worden toegekend, hetgeen zou leiden tot een lichter dijkontwerp. Het nieuwe inzicht dat meer aansluit op het werkelijk gedrag van de ondergrond en ontstaat door de meer internationaal geaccepteerde rekenmethode voor het gedrag van klei te gebruiken leidt voorsnag tot een oordeel dat de klei onder extreme omstandigheden zwakker is dan tot nu toe aangenomen, waardoor weer een grotere dijk nodig zou zijn.

Daarnaast heeft HHNK eind 2014 een studie gestart naar de impact op het benodigde dijkontwerp van de nieuwe normering (1/3000 per jaar) en de bijbehorende rekenmethoden die vanaf 2017 zullen gelden. Deze impactanalyse is in concept gerapporteerd. [ref. Vergelijk ontwerpmethoden Markermeerdijken, 8 mei 2015]. De bij de nieuwe norm behorende rekenkundige manier om de benodigde dijkomvang vast te stellen is nog sterk in beweging en nog niet uitgekristalliseerd. Deze onzekerheid over de juiste berekening geldt voorsnag juist ook op het zwakke punt van de Markermeerdijken, de macrostabiliteit. Er is om die reden nog geen definitieve impact vast te stellen. Daarnaast zegt de nieuwe normering vooral iets over het ontwerp van de dijk over veiligheid. De eisen ten aanzien van aspecten als beheer, onderhoud en calamiteiten wordt in deze normering nog opengelaten. Op dit moment vigeert de wettelijke norm 1/10.000 per jaar en de rekenmethoden die daarbij behoren; vanwege de onzekerheden rondom de nieuwe rekenmethoden houdt het HHNK en het Rijk voor de Markermeerdijken nog vast aan deze vigerende norm.

Voor de analyse van het effect van pompen in Houtribdijk en Afsluitdijk geldt het VOPP als uitgangspunt. De effecten van DoV, ongedraineerd rekenen en de nieuwe normering zijn hierin *niet* meegenomen.

3.1.2 Verandering hydraulische belasting door pompen

Rijkswaterstaat onderzoekt de mogelijkheid van plaatsing van pompen in de Houtribdijk verder. Daarbij onderzoekt Rijkswaterstaat de haalbaarheid van de hierna volgende opties. Voor het effect op besparingen in dijkomvang van de benodigde versterking voor de Markermeerdijken wordt voorsnag

aangenomen dat de pompen de hydraulische belasting op de dijken onder maatgevende omstandigheden kan verlagen. Uitgangspunt is dat er drie situaties worden onderzocht:

1. Het maatgevende hoogwater wordt verlaagd met 30 cm
2. Het maatgevende hoogwater wordt verlaagd met 60 cm
3. Het maatgevende hoogwater wordt verlaagd met 90 cm

Rijkswaterstaat onderzoekt hoeveel pompcapaciteit en welk pompregime nodig is om deze verlaging onder voor de dijken maatgevende omstandigheden te bereiken. Dit lijkt op voorhand niet zomaar haalbaar. De maatgevende omstandigheden voor de Markermeerdijken gaan ervan uit dat in een periode van weken de waterstand langzaam oploopt door hoge toevoer van water naar IJsselmeer en Markermeer, terwijl er vrijwel niet gespuid kan worden door hoge zeestanden. Daaroverheen zou dan een storm zorgen voor de voor het ontwerp maatgevende situatie. Pompen kunnen reëler wijze misschien nog wel de wekenlange stijging compenseren, maar niet de windopzet van orde 80 cm en golven door de storm. Rijkswaterstaat zal hierover in parallel aan deze rapportage zelf rapporteren.

Een verlaging van de maatgevende ontwerpwaterstand heeft effecten die van invloed zijn op het bestaande ontwerp (VOPP):

1. De ontwerpbelasting (waterstand) op de dijk neemt af.
2. De freatische lijn in de dijk blijft lager. Hierdoor blijft de korrelspanning (effectieve grondspanning) hoger dan bij een hogere. Dit heeft onder maatgevende een positief effect op de sterkte van het dijklichaam ten opzichte van het huidige VOPP. De freatische lijn is verhoudingsgewijs samen met het MHW verlaagd. Meer detail is terug te lezen in de Fugro-rapportage in bijlage 1.
3. De stijghoogte in de watervoerende zandlaag onder de dijk wordt lager. Dit is verhoudingsgewijs aangepast op basis van een stijghoogterespons van 80%. Dit is conform het technisch achtergronddocument.
4. De maatgevende golven kunnen lager worden door de lagere waterstand (golfhoogtebeperking door kleinere diepte). Voor de macrostabiliteitsberekeningen is dit niet mee genomen, maar voor het bepalen van de hoogte van de bekleding is dit wel gecontroleerd en waar nodig is het ontwerp aangepast.
5. De duur van de waterstand verandert mogelijk ook. Dit is nu niet meegenomen. De reden is dat er in dit ontwerp niet tijdsafhankelijk gerekend wordt en er daarom geen effect is. Indien er meer duidelijk is over de duur van de maatgevende waterstand bij het toepassen van pompen, kan er onderzocht worden of tijdsafhankelijk rekenen een extra optimalisatie op kan leveren. Een dergelijke studie past niet in het tijdsbestek dat nu is voorzien. Overigens gaat het hier in de basis om waterstandsverhogingen die enkele weken duren (hoger meerpeil door veel ongeloozd, ongespuid of ongepompt water), alleen het effect van stormopzet is korter durend met eventueel effecten op minder sterke doorwerking in grondwaterspanning.

3.1.3 Consequenties van deze uitgangspunten

Het niet meenemen van DOV en de nieuwe normering in deze studie heeft tot gevolg dat er inzicht ontstaat in enkel het effect van het plaatsen van pompen. Voor de andere onderwerpen zijn gelijksoortige onderzoeken uitgevoerd. Bij het ontwerp van de dijk spelen al deze aspecten toch op elkaar in. Indien wordt besloten om in het nieuwe ontwerp de resultaten van alle drie de studies mee te nemen, zullen de effecten anders zijn dan de optelling van deze effecten. Dit komt omdat de effecten in elkaar grijpen en elkaar zowel kunnen versterken als afzwakken.

Als belangrijk voorbeeld: een mogelijke kruinverlaging als gevolg van de nieuwe normering is in de impactanalyse nog niet meegenomen, terwijl deze in onderhavige studie wel wordt beschouwd. Het gecombineerde effect van pompen en nieuwe normering in termen van kruinverlaging kan een heel sterk effect hebben op het oordeel over stabiliteit van de dijk. Dit oordeel blijft vooralsnog onzichtbaar. De lopende discussie over DoV, ongedraineerd rekenen en rekenwijze macrostabiliteit in OI2014 (nieuwe norm) speelt daar nog doorheen.

4 Toepassing lagere kruinhoogte vanwege pompen

4.1 Effect waterstanden en golven op de benodigde kruinhoogte

De maatgevende waterstanden (MHW), golven en toeslagen voor bodemdaling, klimaatontwikkeling en robuustheid, bepalen de benodigde dijkhoogte. Deze waarden zijn alle verdisconteerd in de benodigde kruinhoogte conform de uitgangspunten voor het VOPP. Overhoogte voor zetting en klink van de dijk zit niet in genoemde waarden. Verlaging van de MHW door het gebruik van pompen levert significant lagere benodigde kruinhoogten dan in het VOPP (zie Tabel 1).

Door het toepassen van deze lagere kruinhoogte zal er geometrisch een iets kleiner ruimtebeslag nodig zijn dan in het VOPP.

Tabel 1 Overzicht kruinhoogte per sectie in huidige situatie, VOPP en bij lagere MHW

	Dijknr.	Dijkpaal	Sectie	Kruinhoogte in m + NAP					
				Huidige dijk	benodigd volgens berekeningen (1/10.000 per jr)				
					VOPP MHW-0,00	Toegepast in VOPP	met pompen		
							MHW-0,30	MHW-0,60	MHW-0,90
1	Oeverdijk			1,50			1,20	0,90	0,60
2	20	70	HE5 buitenw	3,20	2,87	3,30	2,57	2,27	1,97
3	22/23	70	HE8A buitenw	3,43	3,29	3,50	2,99	2,69	2,39
4	22/23	30	HE8A combi	3,43	3,29	3,50	2,99	2,69	2,39
5	25	30	EA4B buitenw	2,87	2,03	2,20	1,90	1,60	1,30
6	28	74	EA6/7 buitenw	2,86	3,26	3,30	3,00	2,70	2,40
7	29	152	EA12 buitenw	2,53	2,04	constr.	1,74	1,44	1,14
8	29	152	EA12 constr	2,53	2,04	constr.	1,74	1,44	1,14

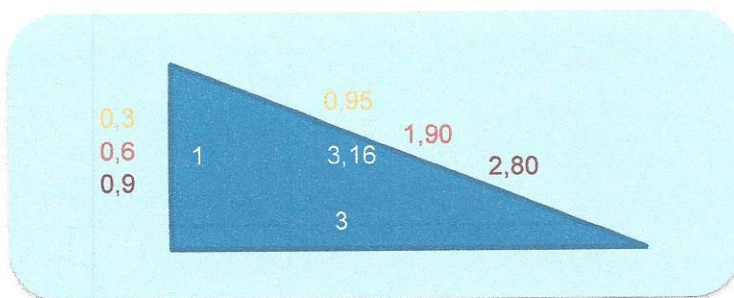
6 Analyse ontwerputkomsten

6.1 Uitwerking op technisch ontwerp

Uit de resultaten van voorgaande geotechnisch berekeningen blijkt dat er twee effecten zijn:

1. Er is een effect op het ruimtebeslag. Het ruimtebeslag kan in de geanalyseerde profielen maximaal 15 meter kleiner worden en meestal is de optimalisatie kleiner dan 10 meter.
2. Er is ook een effect op het aantal benodigde m³ grond. Maximaal kan er 50 m³ per strekkende meter worden bespaard. Voor de oeverdijk ligt de maximale besparing op 125 m³ per strekkende meter

Los van bovenstaande resultaten is er ook een besparing mogelijk in het aantal vierkante meters steenbekleding. De hoogte van de gezette steenbekleding is bepaald door MHW + golfhoogte H_s . Een verlaging van MHW heeft daarmee direct gevolgen voor het niveau van een gezette bekleding. Daarnaast is uit de analyses gebleken dat voor één locatie, profiel (HE5B Schardam), de golfhoogte ook wordt aangepast als gevolg van beperkte diepte en daarmee ook lagere golven (H_s). Het aantal vierkante meters bekleding dat kan worden verminderd is afhankelijk van de daling van het MHW, maar moet daarna nog worden gecorrigeerd voor de schuine taludhelling.



Figuur 9: Verhouding tussen verticale verlaging van de bekleding en het aantal meter langs het talud

6.2 Consequenties voor voorkeursalternatief

In dit onderzoek is er voor gekozen om uit te gaan van het gekozen VOPP. Er is hiervoor gekozen, omdat het onderzoek in korte tijd moest worden uitgevoerd en tot doel heeft om een indruk van de impact te krijgen. Deze indruk is in voorgaande verschaft, maar daarmee geen eindconclusie.

Op basis van "expert judgement" is een inschatting gemaakt van de locatie waarbij mogelijk de gekozen versterkingoplossing zou kunnen worden heroverwogen. Hierbij wordt gedacht aan:

1. **Oeverdijkstrekkingsen:** Bij de keuze voor de oeverdijk niet altijd voor de goedkoopste oplossing gekozen, maar is ook gekeken naar cultuurhistorische en archeologische waarden van de dijk. Indien de alternatieven acceptabeler worden, kan dat tot gevolg hebben dat een traditionele versterking weer in beeld komt.
2. Buitenwaartse versterkingen in het zuidelijk deel zijn erg ingrijpend. Omdat er aan de binnenzijde vaak geen ruimte beschikbaar is, is er voor gekozen om buitenwaarts te versterken. Hier kleven echter de nodige nadelen aan (verlies archeologische waarde in bestaande dijk, complexe uitvoering met grondverbetering onderwater en veel grondverzet). Indien een binnenwaartse versterking een alternatief kan worden, kan dat leiden tot een andere keuze. Voorbeelden zijn in voorgaande genoemd bij Katwoude en Uitdam.

3. Durgerdam: In het huidige ontwerp wordt een constructieve maatregel voorzien. De reden is dat er weinig ruimte is tussen de jachthaven aan de buitenzijde en bebouwing aan de binnenzijde. Bovendien is er sprake van een beschermd dorpsgezicht. Indien een beperkte buitenwaartse versterking tot de mogelijkheden gaat horen en dit ingepast kan worden, scheelt dat aanzienlijk in kosten, ontstaat er een oplossing met veel minder hinder tijdens de uitvoering en is de versterking duurzamer en toekomstvaster.
4. Hoorn Westerdijk: Er is geen nieuwe toetsing uitgevoerd en er is ook niet naar buitenwaartse stabiliteit gekeken, maar mogelijk is op dit traject geen versterking meer nodig.
5. Bewezen sterkte. Vooral de verlaging van 90 cm, maar ook die van 60 cm van de maatgevende hoogwaterstand brengt de maatgevende waterstand in de buurt van waterstanden die in het recente verleden zich hebben voorgedaan en die de dijk heeft kunnen weerstaan. Dit biedt mogelijkheden om op basis van deze "bewezen sterkte" te kijken of een versterking wel nodig is of wellicht veel beperkter kan zijn. Rondom de eeuwwisseling heeft Rijkswaterstaat al studies naar bewezen sterkte uitgevoerd. Gebruikmaking van die resultaten voor toetsing en ontwerp is vooral onmogelijk gebleken door de strenge norm, die buiten het ervaringsbereik valt. Met de nieuwe normering en een beheerste waterstand zou dit onderzoek mogelijk meer kunnen opleveren.

6.3 Voorbehouden

De uitgevoerde studie is in een zeer kort tijdsbestek uit gevoerd. Hierdoor zijn niet alle gevolgen van het aanpassen van het MHW volledig doorgrond. In deze paragraaf zijn een aantal voorbehouden beschreven die nadere studie behoeven.

In de uitgevoerde analyse is er vanuit gegaan dat de huidige belastingcombinaties zoals die uit de Hydra-programmatuur komt gelijk blijft. Dat betekent dat het verlagen van de het stilmeerpeil door het toepassen van pompen niet tot gevolg heeft dat het aandeel in opwaaiing toeneemt. In de praktijk zal het verlagen van het stilmeerpeil tot gevolg hebben dat de maximale stilwaterstand een grotere kans op voorkomen krijgt. Hierdoor dient er rekening gehouden te worden met een oostenwind die een lagere kans op voorkomen heeft en daarmee een hogere windkracht. Dat houdt in dat het aandeel opwaaiing toe zal nemen in het MHW. Dit kan tot gevolg hebben dat de verlaging van het MHW met 90 cm en mogelijk ook met 60 cm niet haalbaar is.

De uitgevoerde analyse is gebaseerd op een beperkt aantal profielen. Uit de resultaten van de berekeningen van deze profielen blijkt al dat er per locatie een aanzienlijk verschil kan zijn in impact op het ontwerp. Deze verschillen zullen over het gehele traject voorkomen. Hierdoor zal de bandbreedte ook aanzienlijk zijn.

Er is in deze rapportage behoudens de analyse uit paragraaf 6.2 geen onderzoek gedaan naar de kansen om voor een andere VKA/VOPP te kiezen op sommige strekkingen. Mogelijk leveren de nu realiseerbare optimalisaties op dat varianten die eerder afvielen nu toch interessant zijn.