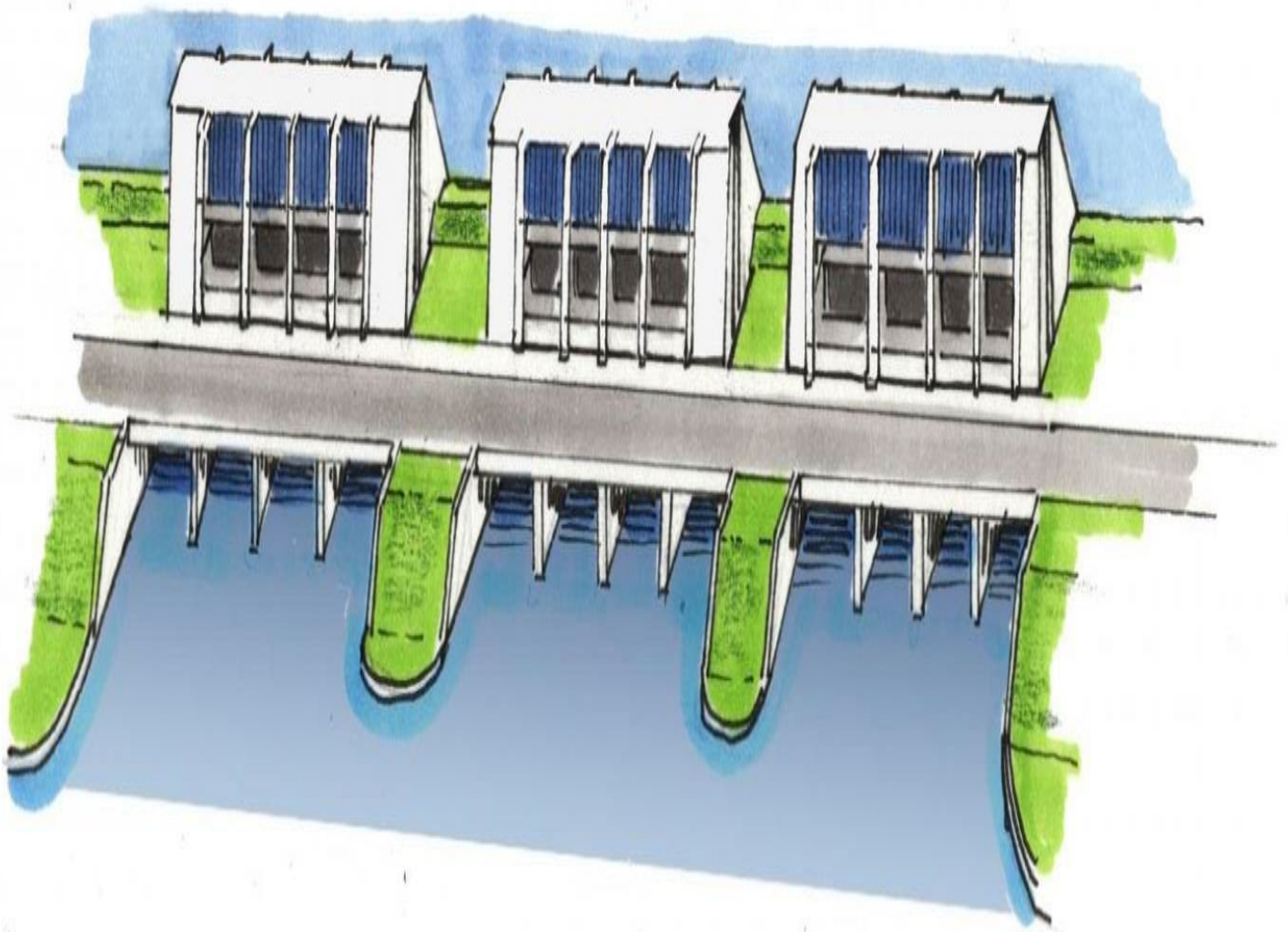


HAALBAARHEID POMPEN CLEVERINGSLUIZEN

Waterschap Noorderzijlvest

27 JUNI 2019



Contactpersoon



JOHN STAPHORSIUS BSC
Project and team managerteam
manager

M +31 (0)6 2706 0850

E john.staphorsius@arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 173
1620 AD Hoorn
Nederland

MANAGEMENTSAMENVATTING

In deze studie is beoordeeld of het haalbaar is om pompen te plaatsen in de Cleveringsluizen.

Pompen

Op basis van onze gesprekken met 4 pompleveranciers is naar voren gekomen dat het mogelijk is om pompen te hangen in de spuikokers als principe, mits de constructie sterk genoeg is. Hierbij was nog niet onderzocht of de constructie van de sluisen bestand is tegen het plaatsen van de pompen. Marktconsultatie bij de leveranciers moet nog worden uitgevoerd; is uit de scope van dit onderzoek gehaald.

Technische oplossingsrichtingen

Hieronder is een afweging weergegeven van de meest logische varianten en hun ranking (er is niet gekeken naar een extra spuumiddel, zie hoofdstuk 4):

Criterion	Pomp hangen in bestaande sponningen droogzetvoorzieningen	Pomp plaatsen in de koker, in apart frame	Pomp plaatsen voor of achter spuumiddel	Gemaal
Ranking	vervallen	1	3	2

Afsluitdijk ervaringen

Het is haalbaar om pompen te plaatsen in de Cleveringsluizen. Maar de vraag is, of dit een robuuste oplossing is. Uit een soortgelijke vraag bij de Afsluitdijk, zie hoofdstuk 3, komt naar voren dat het maken van een extra spuumiddel tot 2050 meer effect zal hebben dan pompen (weliswaar in een permanente opstelling en niet in een mobiele opstelling). Afhankelijk van de te hanteren zeespiegelstijgingsmodellen, zou na 2050 dan mogelijk aanvullende voorzieningen in de vorm van pompen moeten worden gehanteerd. Deze variant is niet beschouwd, maar zou mogelijk onderzocht kunnen worden.

Wat op basis van onze gesprekken met collega's naar voren kwam, is dat vooral het moment van inzet van pompen nu is ingegeven door de geprognoseerde waterstanden op de Waddenzee, nu ingestoken op een zeer pessimistische waarde. De verwachting is dat de spuicapaciteit als gevolg van de zeespiegelstijging enorm gaat dalen (de tijdsduur tussen openen en sluiten van de schuiven wordt steeds korter). Echter, de waterstanden en de bandbreedtes in de verschillende onderzoeken lopen zeer uiteen. Of de pompen al dan niet daadwerkelijk ingezet gaan worden, zal pas later echt duidelijk worden.

Advies

Gezien de onzekerheid en bandbreedtes wat betreft zeespiegelstijgingen op de Waddenzee, adviseren wij om geen pilot uit te voeren met het installeren van pompen in de spuikokers, om de volgende redenen:

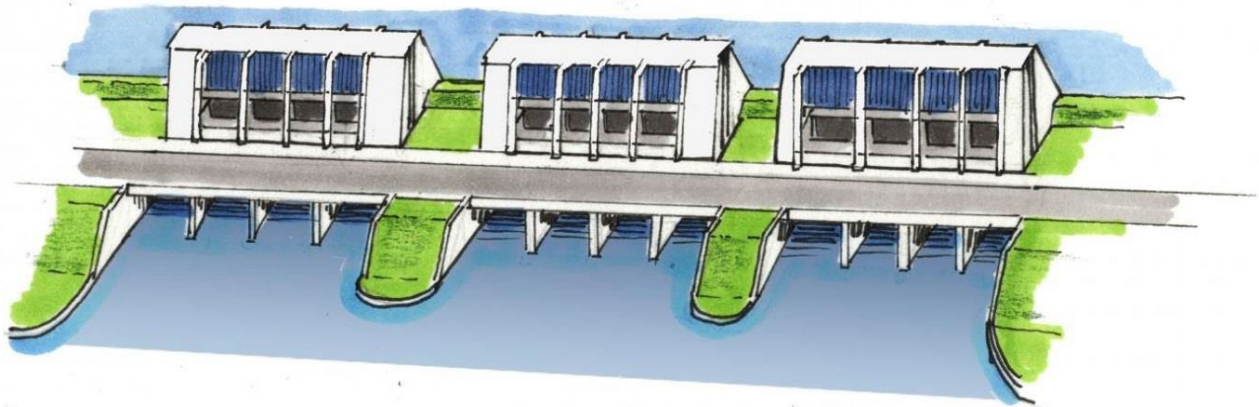
- De veiligheid nu niet in het geding is, wegens versterking van de dijken om het Lauwersmeer;
- De prognoses over waterstijgingen steeds nauwkeuriger worden;
- Over 50 jaar het spuumiddel tegen het einde van zijn levensduur loopt;
- Pomptechnieken verbeteren;
- De Afsluitdijk inmiddels operationeel is en de lessons learned daaruit meegenomen kunnen worden om risico's beter te beheersen.

INHOUDSOPGAVE

INHOUDSOPGAVE	4
1 INLEIDING	5
2 PROJECTOMSCHRIJVING	6
2.1 Bestaande constructie	6
2.2 Uitgangspunten	6
3 AFSLUITDIJK	7
3.1 Overwegingen studie Extra Spuicapaciteit Afsluitdijk	7
3.2 Wat gaan ze aan de waterafvoer doen, het huidige project	7
4 TRADE-OFF MATRIX (AFWEGING HOOFDVARIANTEN)	8
5 PROJECTONDERZOEK	9
5.1 Pomptype	9
5.2 Pompinstallatie	9
5.3 Positionering pompinstallatie	9
5.4 Informatie bestaande constructie	12
6 BESCHOUWING POSITIE A	13
6.1 Toetsing bestaande constructie	13
6.2 Resultaat toetsing bestaande constructie	13
COLOFON	14

1 INLEIDING

Arcadis Nederland B.V. (hierna te noemen Arcadis) heeft opdracht van het waterschap Noorderzijlvest om de haalbaarheid te onderzoeken van het installeren van pompen in de spuikokers van de Cleveringsluizen. In eerste instantie betrof de vraag ook om een marktconsultatie uit te voeren met diverse leveranciers. Tijdens het onderzoek kwam naar voren dat de civieltechnische constructie (mede gezien de levensduur) mogelijk een bepalende factor zou zijn bij de oplossingsmogelijkheden. Gedurende deze opdracht is de marktconsultatie on hold gezet en is voorrang gegeven aan de civieltechnische haalbaarheid.



De Cleveringsluizen zijn spuisluizen, waarmee oppervlaktewater vanuit de provincie Groningen en de provincie Friesland via het Lauwersmeer wordt afgevoerd naar de Waddenzee. Doordat de spuisluizen onderdeel zijn van de primaire waterkering, hebben ze ook een waterkerende functie. Momenteel is de waterstand van de Waddenzee bij eb voldoende laag en langdurig om het water uit de Lauwersmeer onder vrij verval naar de Waddenzee te kunnen spuien. Door dalende bodem (en daarmee oppervlaktewater) en stijgende zeewaterstand kunnen in de toekomst echter situaties ontstaan, waarbij onvoldoende water onder vrij verval kan worden gespuid. Om dit op te lossen, kan een gemaal worden gebouwd om toch voldoende water af te kunnen voeren. Waterschap Noorderzijlvest wil weten of de toepassing van pompen in de bestaande spuiconstructie een technisch haalbaar (en goedkoper) alternatief is

Arcadis heeft onderzocht welke mogelijkheden er zijn om pompen in de spuikokers van de bestaande constructies in te kunnen zetten.

De werking van de pompen in het bestaande spuumiddel is als volgt:

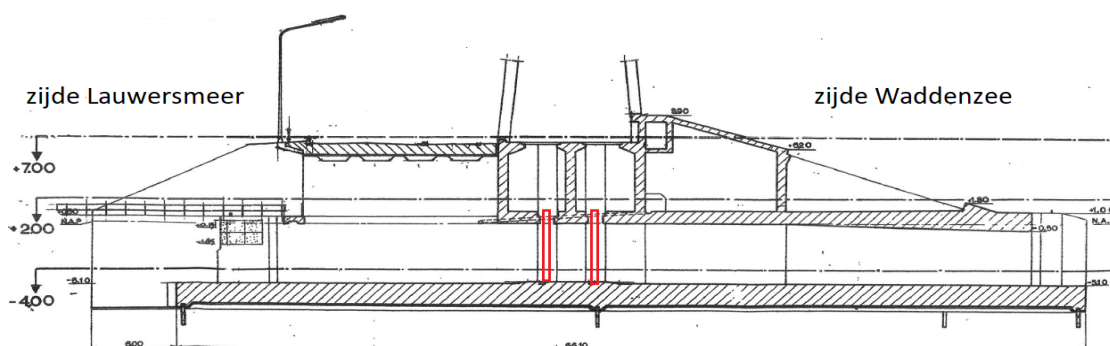
1. Schuiven van het spuumiddel worden gehesen om water van Lauwersmeer naar Waddenzee te spuien;
2. Wanneer het waterpeil van de Waddenzee nagenoeg gelijk is aan het waterpeil van het Lauwersmeer worden de pompen in de spuikoker geplaatst en de pompen aangezet.
3. Vlak voordat de schuiven van het spuumiddel worden gesloten (bij sluitpeil) gaan de pompen uit.
4. Wanneer de schuiven gesloten zijn worden de pompen gehesen.

2 PROJECTOMSCHRIJVING

2.1 Bestaande constructie

De Cleveringsluizen is een spuisluizencomplex bestaande uit 3 kunstwerken met elk 4 spuiokers van $b \times h = 10,0 \times 5,10\text{m}$. In het midden van de kunstwerken bevinden zich schuiven, die worden geheven om te spuien. De schuiven worden neergelaten als er niet gespuid wordt.

Aan de Lauwersmeer zijde loopt een rijweg over de spuiokers. Aan de Waddenzeezijde bevindt zich een verhard talud als onderdeel van de kustverdediging. Direct buiten de spuisluisconstructies is de onderwaterbodem tegen erosie beschermd met steenbekleding (koperslabblokken en grindfilter).



Figuur 1 - Langsdoorsnede spuioker

2.2 Uitgangspunten

Voor de haalbaarheidsanalyse zijn de volgende uitgangspunten geformuleerd:

1. Pompen dienen een capaciteit te hebben die een significante bijdrage levert aan regionale waterveiligheid op het Lauwersmeer. Er moet een vergelijking worden gemaakt met een gemaal met een capaciteit van 100 en 180 m^3/sec .
2. Pompen dienen visvriendelijk te zijn.
3. De pompinstallaties dienen een levensduur te hebben van 50 jaar.
4. Pompen dienen functioneel te zijn bij waterstanden op het Lauwersmeer NAP -0,68m (spuipeil) tot NAP+0,40m. Het streefpeil is NAP-0,93m; bij spuien wordt er 25 cm extra geloosd.
5. Pompen dienen functioneel te zijn bij waterstanden van de Waddenzee tot sluitpeil van NAP+2,70m (bron rapport "Gemaal Lauwersoog, second opinion pompen in spuiokers Cleveringsluizen" voor Wetterskip Fryslân, kenmerk: 077531185:0.2).¹
6. De pompinstallaties mogen de spuicapaciteit onder vrij verval niet verminderen.
7. De pompinstallaties dienen aan de veiligheidseisen van een primair waterkerende constructie te voldoen (voorzieningen, sterkte, betrouwbaarheid enz.).
8. De bestaande constructie mag niet noemenswaardig worden aangepast. Behalve het kostenaspect gaat het hier ook om risico's ten aanzien van de constructie en de waterkerende functie.
9. Zowel realisatiekosten als beheer- en onderhoudskosten mogen de kosten voor de bouw en het gebruik van een pomp gemaal niet overstijgen.

¹ Er zou gekozen kunnen worden voor een maalstop, voortijdig aan het sluiten van de schuiven. Voor deze studie zijn wij ervan uitgegaan dat de maalstop gelijk is met het moment van het sluitpeil voor een zo lang mogelijke spuitijd. Dit kan geoptimaliseerd worden.

3 AFSLUITDIJK

Ten behoeve van dit project is er overleg geweest met collega's van Arcadis die betrokken zijn bij het ontwerp van de spuumiddelen en pompen in het project Afsluitdijk. Gezien de raakvlakken in dat project is het verstandig te kijken naar de "lessons learned" en te beoordelen of dit kan worden toegepast in deze studie. Gezien de geheimhoudingsverklaring over het project kan niet in detail een analyse worden gegeven.

3.1 Overwegingen studie Extra Spuicapaciteit Afsluitdijk

Bij de afsluitdijk is ooit overwogen om pompen in de spuumiddelen te zetten (project Extra Spuicapaciteit Afsluitdijk, uitgevoerd door combinatie Arcadis-HaskoningDHV). Echter, daarbij werden **permanente pompen** geplaatst. Conclusie na grondige analyse was dat de permanente pompen in de spuiokers een nadelig effect hadden op de totale afvoercapaciteit per dag. De pompen vormen een obstakel in de spuiokers. Daarbij is tevens geconcludeerd dat het bouwen van een extra spuumiddel tot 2050 een beter resultaat geeft dan het bouwen van eenemaal. Na 2050 worden de afvoercapaciteiten dermate laag, als gevolg van stijgende zeespiegel, dat er niet kan worden ontkomen aan pompen. Eenemaal is daarbij als aanvulling op het spuiregime noodzakelijk.

Bij de Cleveringsluizen is niet gekozen voor permanente pompen in de kokers. De situatie is daarmee niet 1-op-1 vergelijkbaar, maar geeft wel inzicht in waarmee rekening gehouden moet worden.

3.2 Wat gaan ze aan de waterafvoer doen, het huidige project

De volgende informatie is openbaar beschikbaar (bron: <https://deafsluitdijk.nl/projecten/vergroten-waterafvoer/>).

*"Om meer water te kunnen afvoeren van het IJsselmeer naar de Waddenzee, bouwen we in het sluiscomplex bij Den Oever **acht extra spuiokers**. Er komt ook een **grootemaal**, dat wordt ingezet als we met spuien onvoldoende water kunnen afvoeren. De energie die de pompen verbruiken wordt ter plekke duurzaam opgewekt door middel van zonne-energie.*

Met de spuisluizen in de Afsluitdijk voert Rijkswaterstaat overtollig water af uit het IJsselmeer naar de Waddenzee. Als het water in de Waddenzee laag staat, dan zetten we de schuiven van de spuisluizen open en kan het water weg.

Zo houden we het waterpeil in het IJsselmeer op orde en voorkomen we dat het land rond het IJsselmeer overstroomt. Maar het klimaat verandert en de zeespiegel stijgt. Daardoor is de capaciteit van de spuisluizen niet meer voldoende.

Naar verwachting worden de mogelijkheden om in de toekomst te kunnen spuien kleiner terwijl er steeds vaker grote hoeveelheden water uit het achterland via de rivieren het IJsselmeer in stromen."

4 TRADE-OFF MATRIX (AFWEGING HOOFDVARIANTEN)

In de onderstaande tabel is een afweging gemaakt voor de meest haalbare oplossingen. Een “-” teken geeft aan dat er sprake is van een negatieve score, een “+” teken geeft aan dat er sprake is van een positieve score.

Er is bij deze trade-off niet gekeken naar een oplossing met een extra spuumiddel. De scope van ons onderzoek betrof de aanpassing van de huidige spuumiddelen versus een variant van een gemaal. Het gemaal is al eerder onderzocht en als referentie meegenomen.

Criterion	Pomp hangen in bestaande sponningen droogzetvoorzieningen	Pomp plaatsen in de koker, in apart frame ²	Pomp plaatsen voor of achter spuumiddel	Gemaal
Robuustheid oplossing	+/-	+/-	+/-	+
Doorstroomprofiel	+/-	-	+/-	+/-
Technisch uitvoerbaar	X	+	+	+
Fasering, hinder wegverkeer	+	+	+	-
Fasering, hinder spuien	+/-	-	--	+/-
Kosten	+/-	+/-	-	--
Geschatte aanneemsom ³	40 - 50 MIO	40 -50 MIO	65 - 75 MIO	130 - 150 MIO
Ranking	vervallen ⁴	1	3	2 ⁵

Voor de verdere studie is alleen gekeken naar de situatie van pompen in de bestaande constructie.

² Het verschil ten opzichte van de variant in schotbalksponningen is zeer beperkt. Hijsmiddelen en schotten zijn nagenoeg gelijk. De meerkosten zitten in een aantal geleidingen.

³ Er zijn hiervoor geen specifieke ramingen gemaakt, maar een indicatie op basis van vergelijkbare projecten op bouwsomniveau. Royal HaskoningDHV heeft ook al diverse ramingen afgegeven voor een variant van pompen en of gemaal (bron: rapport regionale waterkeringen Lauwersmeer, referentie WATBE8320R001F01, versie 01/Finale versie, datum 28-4-2017). Ook Tauw heeft voor Wetterskip Fryslân ramingen gemaakt (bron: rapport Haalbaarheidstudie met betrekking tot het integreren van een gemaal met het sluiscomplex te Lauwersoog, projectnummer 4511927 van 24 juli 2007)

⁴ Uit de technische analyse blijkt dat het plaatsen van de pompen in de bestaande sponningen niet realiseerbaar is, zie rapportage civieltechnische haalbaarheid pompen Cleveringsluizen.

⁵ Wegens de prijs op plaats 2 gezet.

5 PROJECTONDERZOEK

5.1 Pomptype

Arcadis heeft onderzocht welke pompen zouden kunnen worden toegepast in de spuikokers. Uit eerdere studies (second opinion pompen in spuikokers Cleveringsluizen d.d. 17 december 2013 in opdracht van Wetterskip Fryslân) is naar voren gekomen dat pompen van de firma Nijhuis zouden kunnen worden ingezet. In een aantal van 12 stuks leveren deze pompen een capaciteit van $12 \times 15\text{m}^3/\text{sec}$ is $180\text{m}^3/\text{sec}$. De pompen zijn visvriendelijk.

Met deze pompen wordt voldaan aan de uitgangspunten 1 tot en met 5 (capaciteit, visvriendelijk, levensduur, waterstanden Lauwersmeer en Waddenzee).

Oorspronkelijk was het de bedoeling een aantal partijen uit te nodigen ten behoeve van een marktconsultatie. Echter, doordat er twijfels waren vanwege de civieltechnische haalbaarheid, is voorrang gegeven aan de constructieve analyse boven het uitvoeren van een marktconsultatie. Wel is in voorbereiding van de marktconsultatie contact geweest met leveranciers. De toepassing van pompen is niet in detail onderzocht, maar mogelijke partijen (waarmee inmiddels contact is geweest) zijn:

- Pentair Nijhuis;
- Voith Turbo;
- Flowserve;
- Pleuger.

Mogelijk zijn er meerdere leveranciers in het buitenland, echter ervaring leert dat die in de Nederlandse markt niet echt voet aan de grond krijgt in de gemalenbranche.

5.2 Pompinstallatie

Om de pompen van Nijhuis te kunnen toepassen zonder verlies van spuicapaciteit onder vrij verval (uitgangspunt 6) is bedacht de pompen in een set van 2 onder te brengen in een stalen frame, dat kan worden geheven en neergelaten in de spuikoker.

Het frame heeft daarom een breedte van 10m overeenkomstig de breedte van de spuikoker. Het pompframe wordt bewogen middels hydraulische cilinders aan weerszijden van het frame. De krachten, die in neergelaten toestand en bij groot waterstandsverschil op het pompframe zullen worden uitgeoefend, worden door middel van stalen nokken op de betonnen constructie van de spuisluis overgebracht. Rubberen strippen moeten zorgen voor de nodige afdichting. Pompen moeten voldoende onder water worden aangebracht om aanzuigen van lucht (en daarmee onnodige trillingen en mogelijke schade) te voorkomen. Terugslagkleppen moeten zorgen voor een dubbel waterkerende functie bij uitval van de pompen en het droogzetten van de spuikoker.

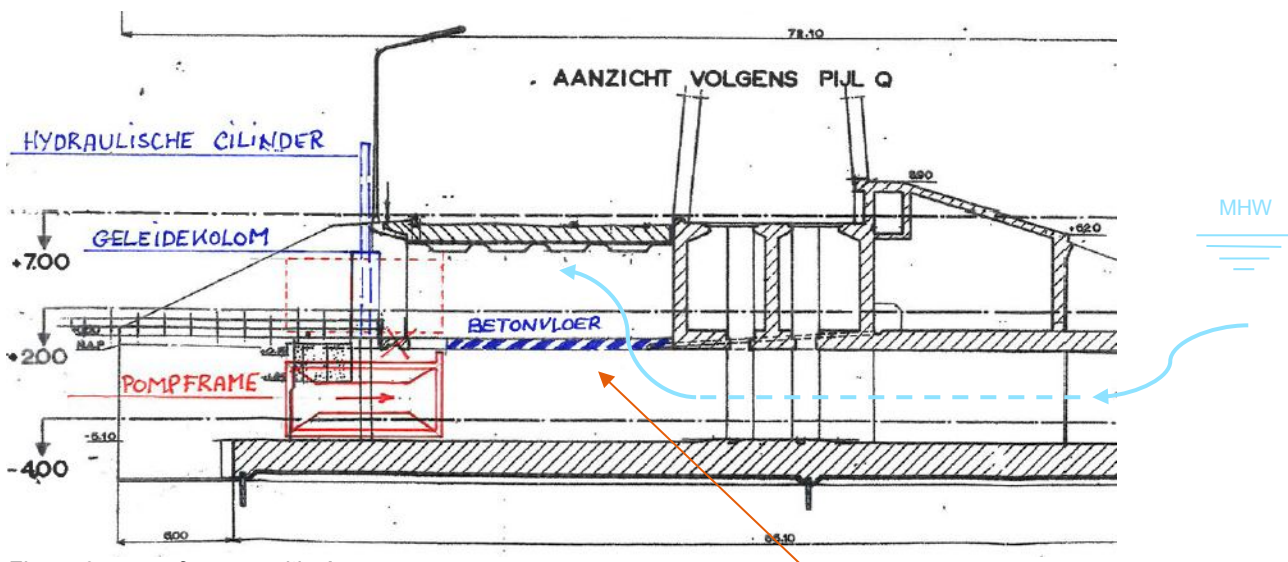
De uitvoering van de installatie kan zodanig worden ontworpen, dat wordt voldaan aan uitgangspunt 7 inzake sterkte, veiligheid en betrouwbaarheid.

5.3 Positionering pompinstallatie

Voor de positionering van het pompframe zijn verschillende alternatieven in beschouwing genomen om te bekijken of kan worden voldaan aan uitgangspunt 8 en 9:

- Positie A: Aan de ingang van de spuikoker naast/onder de rijweg (binnendijks).
- Positie B: Aan de ingang van de spuikoker onder de rijweg (binnendijks).
- Positie C: Naast het midden van de spuikoker aan de zijde Waddenzee (buitendijks).

Positie A



Figuur 2 - pompframe positie A

Bij hoog water kan het water hier doorheen, betonvloer nodig!

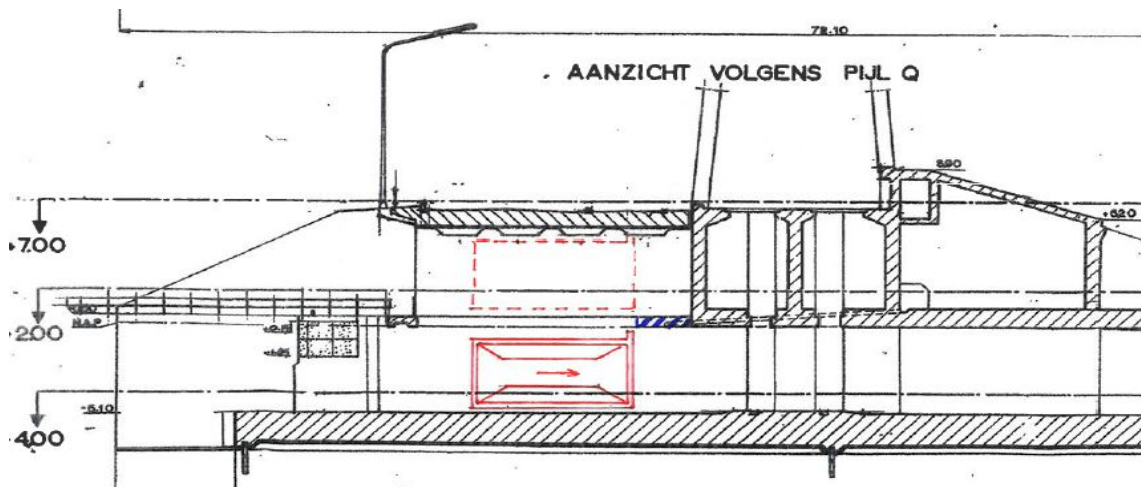
Bij de ingang van de spuiokers kan het pompframe tussen de pijlers van de spuiokers worden aangebracht. Op de middenpijlers zijn er mogelijkheden om de hydraulische cilinders inclusief geleide kolommen voor het heffen en neerlaten van het pompframe aan te brengen. Er moet een waterkerende constructievloer (betonvloer in Figuur 2) worden aangebracht over de spuioker onder de rijweg, zodat de spuioker vanaf de zeezijde naar de Lauwersmeerzijde dicht is voor waterstanden hoger dan het sluitpeil (NAP+2,70m zeezijde). Op de nieuwe vloer onder de rijweg kunnen de benodigde installaties voor de pompen worden geplaatst.

Voor de toepassing van het pompframe in deze positie zou de bestaande constructie weinig moeten worden aangepast, zodat voor deze variant is bekeken of de bestaande constructie hiervoor geschikt is.

De bestaande constructie moet geschikt zijn voor:

- Dragen gewicht van pompframe en kolommen met hydraulische cilinders.
- Het geleiden van het pompframe bij heffen en neerlaten.
- Het opnemen van krachten, die voortkomen uit in bedrijf zijnde pompen.
- Het minimaal opnemen van waterkerende krachten bij zeewaterstand NAP+2,70m. Bekend is dat er lekkage optreedt bij de schuiven. Zie voor rekenkundige uitgangspunten hoofdstuk 6.

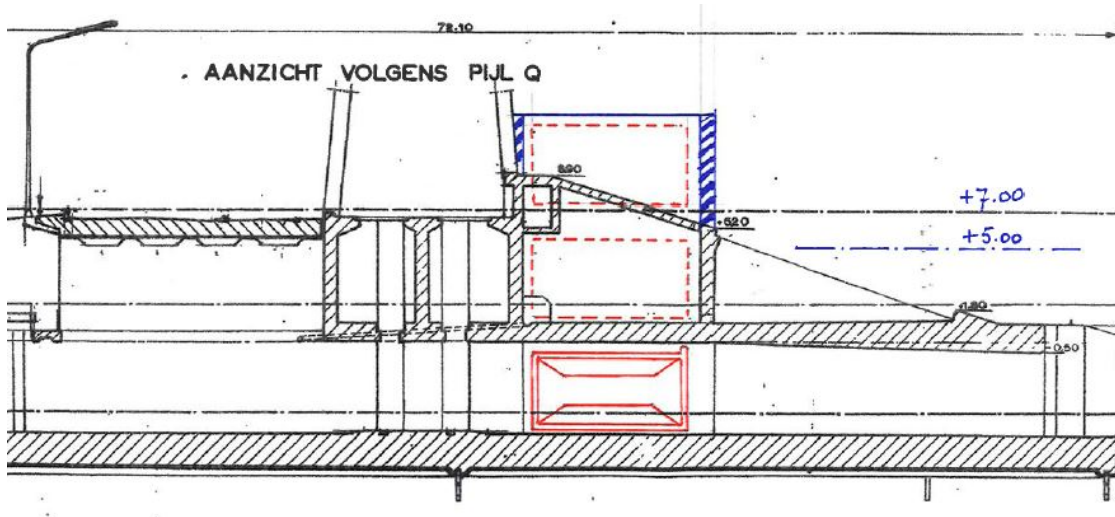
Aan de hand van beschikbare gegevens is getoetst of de bestaande constructie sterk genoeg is voor het opnemen van de krachten uit het pompframe. Daarnaast is bekeken op welke wijze nieuwe constructies op de bestaande constructies kunnen worden aangebracht.

Positie B

Figuur 3 - pomframe positie B

Deze positie laat zich vergelijken met positie A. De ruimte onder de rijweg heeft echter beperkingen voor het installeren en het laten functioneren van de pompinstallatie. Deze variant is daarom verder niet in beschouwing genomen.

Positie C



Figuur 4 - pompframe positie C

Ter plaatse van de holle ruimte aan de Waddenzee-zijde van de schuiven zou een betonnen schacht gemaakt kunnen worden, waarin het pompframe als in een liftschacht geheven en neergelaten zou kunnen worden. Dit alternatief is niet haalbaar geacht, omdat:

- Er moet veel worden aangepast aan de bestaande constructie, wat niet strookt met het uitgangspunt 8 "niet noemenswaardig aanpassen".
- Er moeten betonnen schachten van aanzienlijke grootte worden gebouwd, die bovendien aan de waterveiligheidseisen moeten voldoen.
- De pompinstallaties bevinden zich aan de zeewaterzijde: meer corrosie.
- De constructie en de pompinstallaties moeten bestand zijn tegen extreme omstandigheden (wind, hoog water en golven).
- Er moet veel infrastructuur worden aangelegd voor bereikbaarheid pompen.
- De bereikbaarheid van de pompen voor bouw en onderhoud is minder goed.

Deze variant is daarom verder niet in beschouwing genomen.

5.4 Informatie bestaande constructie

Voor de toetsing van de bestaande constructie heeft Arcadis bouwtekeningen ontvangen met maatvoering en wapening. Uit de tekeningen kan niet worden opgemaakt welke wapening (type en kwaliteit) destijds is gebruikt. Bij de aanleg van de sluisen in 1968-1970 ging men over van glad staal naar geribd staal. Zekerheidshalve is in overleg uitgegaan van glad staal, kwaliteit Feb 220. Dit is een conservatief uitgangspunt.

6 BESCHOUWING POSITIE A

6.1 Toetsing bestaande constructie

Voor de toetsing van de bestaande constructie is uitgegaan van krachten / belastingen vanuit het pompframe, die middels stalen nokken en ankerplaten op de betonconstructie worden overgebracht.

Belastingen zijn:

- Gewicht pompframe en hydraulische cilinders.
- Waterdruk zijde Lauwersmeer NAP-0,93m.
- Waterdruk zijde Waddenzee NAP+3,0m⁶.
- Dynamische belastingen van de pompen.

6.2 Resultaat toetsing bestaande constructie

Uit de berekening (vastgelegd in rapportage civieltechnische haalbaarheid pompen Cleveringsluizen) blijkt, dat er aanzienlijke krachten zullen optreden. Een oplossing om de pompen te hangen in bestaande schotbalkspanningen is niet mogelijk. Het pomptype is voor deze conclusie niet van belang, aangezien de belastingen uit het waterstandsverschil in dit geval maatgevend zijn boven de in bedrijf zijnde pompbelastingen. Wel is het mogelijk om voorzieningen op de vloer en wand te monteren, waardoor de krachten deels door de wand en voornamelijk door de vloer, worden overgedragen. Hiermee is het mogelijk de pompen in de bestaande constructie te plaatsen.

De pompunit dient dubbel waterkerend te worden uitgevoerd om droogzetten van de koker mogelijk te maken in verband met onderhoudswerkzaamheden (de schotbalkspanning kan door de afmetingen van de pompunits niet meer worden gebruikt).

⁶ Het sluitpeil op de van de waterkering is een waterstand van NAP +2,70m op de Waddenzee. De waterstand op de Waddenzee kan oplopen tot NAP +5,00m. De schuiven zijn niet volledig waterdicht. Theoretisch is het mogelijk dat er een waterstand van NAP+5,00m op de pompconstructie kan staan. Door het toepassen van standbuizen van voldoende diameter kan dit worden gereduceerd. Een peil van NAP+3,00m is daarmee realiseerbaar. In onze berekeningen zijn wij echter uitgegaan van NAP+5,00 m. Dit is een conservatief uitgangspunt. De voorgestelde oplossing is daarmee mogelijk. Bij het toepassen van een waterstand van NAP +3,00m kan het ontwerp geoptimaliseerd worden. Gebruik van de schotbalkspanningen als oplossing is met een waterstand van NAP+3,00 m nog steeds niet mogelijk.

COLOFON

HAALBAARHEID POMPEN CLEVERINGSLUIZEN

KLANT

Waterschap Noorderzijlvest

AUTEUR

Ing. V. (Vic) Besnard

PROJECTNUMMER

C03061.000527.0100

ONZE REFERENTIE

083936367 B

DATUM

27 juni 2019

STATUS

Concept

GECONTROLEERD DOOR

ing. Erik Hooijschuur MSEng
constructeur

VRIJGEGEVEN DOOR



John Staphorsius BSc
Project and team manager

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 173
1620 AD Hoorn
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com