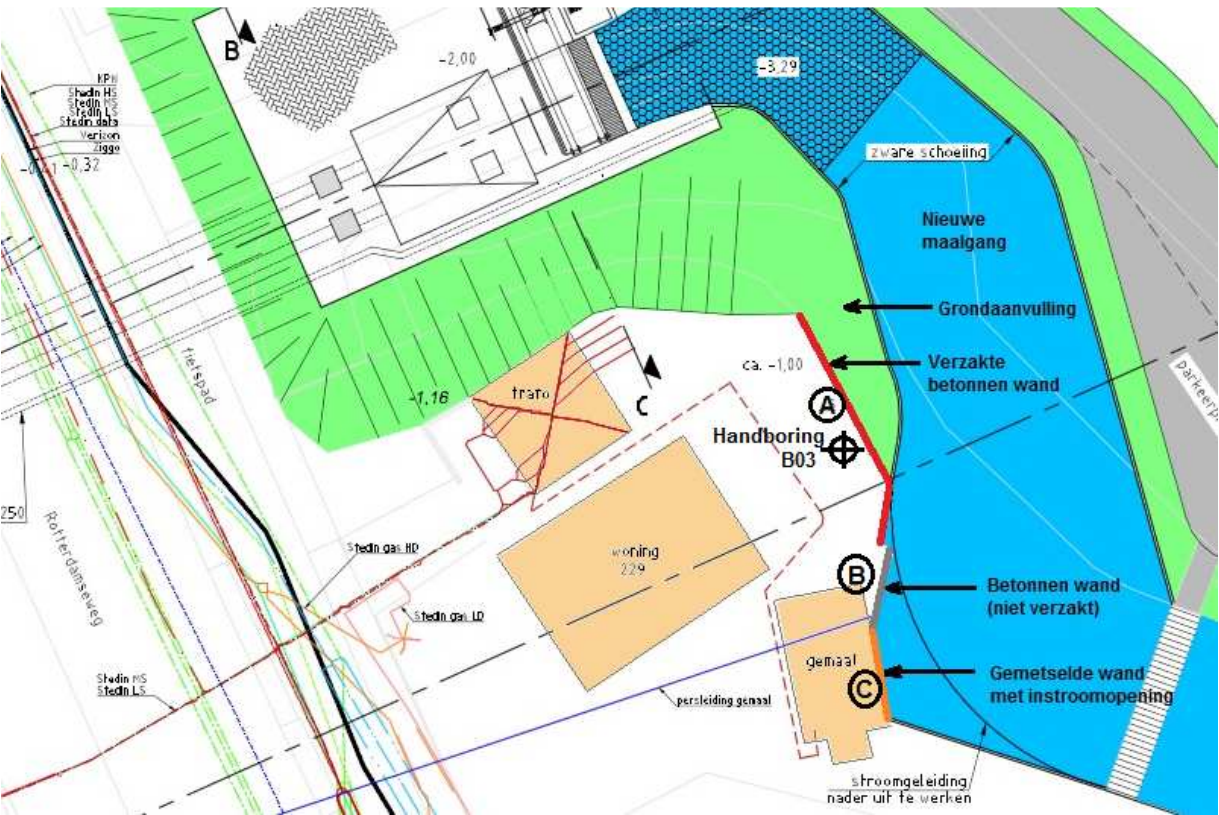


aan	<b>Hoogheemraadschap van Delfland</b>
t.a.v.	ing. G.J. Kransse
van	ir. R.H. de Jong (waterbouwkundig adviseur), ir. R.P. van Oosten (collegiale controle)
datum	1 oktober 2014
projectnr.	NC14040112
kenmerk	N14.093
onderwerp	Onderzoek en advies stabiliteit bestaande keermuurconstructie

**Inleiding**

Het Hoogheemraadschap van Delfland (Delfland) is voornemens om naast het bestaande (oude) gemaal een nieuw gemaal te realiseren en de bestaande uitstroombanding af te sluiten en vol te schuimen. Aan de achterzijde van de woning (Rotterdamseweg 229) bevindt zich in de bestaande situatie een betonnen grondkerende constructie. Deze constructie verkeert in een slechte staat en is in de loop der jaren verzakt (visueel waarneembaar).

Vanwege de nieuwbouw van het gemaal is het noodzakelijk dat een nieuwe maalgang richting het gemaal wordt ontgraven (zie figuur 1). Langs de waterlijn van de nieuwe maalgang wordt aan weerszijden een (zware) beschoeiing aangebracht. De nieuwe beschoeiing komt onderlangs de bestaande grondkerende constructie te lopen.



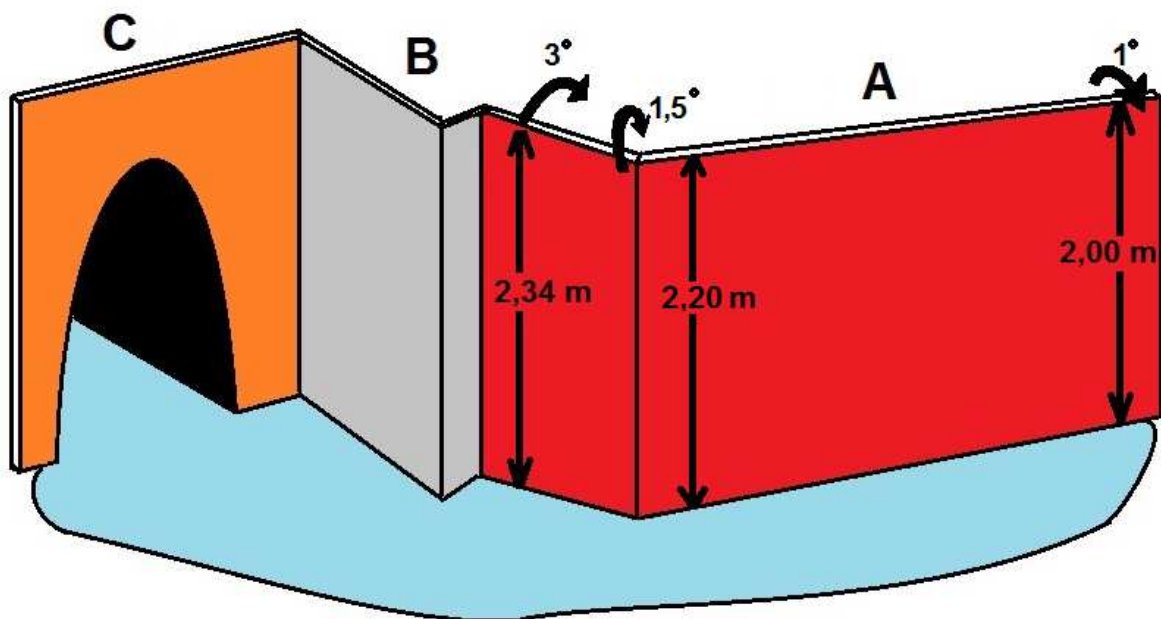
Figuur 1 - Voorlopig Ontwerp nieuwe situatie Akkerdijkse Polder

Delfland heeft RPS gevraagd een analyse te maken van de bestaande situatie en te beoordelen in welke mate de voorgenoemde inrichtingsmaatregelen (ontgraven nieuwe maalgang en plaatsen zware beschoeiing) effect heeft op de betonnen grondkerende constructie. Daarbij dient tevens aangegeven

te worden of het ontwerp zodanig kan worden uitgewerkt dat dit een positief effect heeft op de bestaande constructie.

### Resultaat veldbezoek

Op basis van een veldbezoek aan het gemaal is de scheefstand van de betonnen keermuur geanalyseerd. Met behulp van een jalon en een, in twee richtingen werkende, libel is de horizontale scheefstand bepaald. De verticale scheefstand (in lengte richting) is opgemeten met behulp van een meetlint. Door de afstand tussen het waterniveau en de bovenzijde van de wand op minimaal twee punten in te meten is hiermee het zakkingsverschil in beeld gebracht. In figuur 2 is het resultaat van de metingen opgenomen.

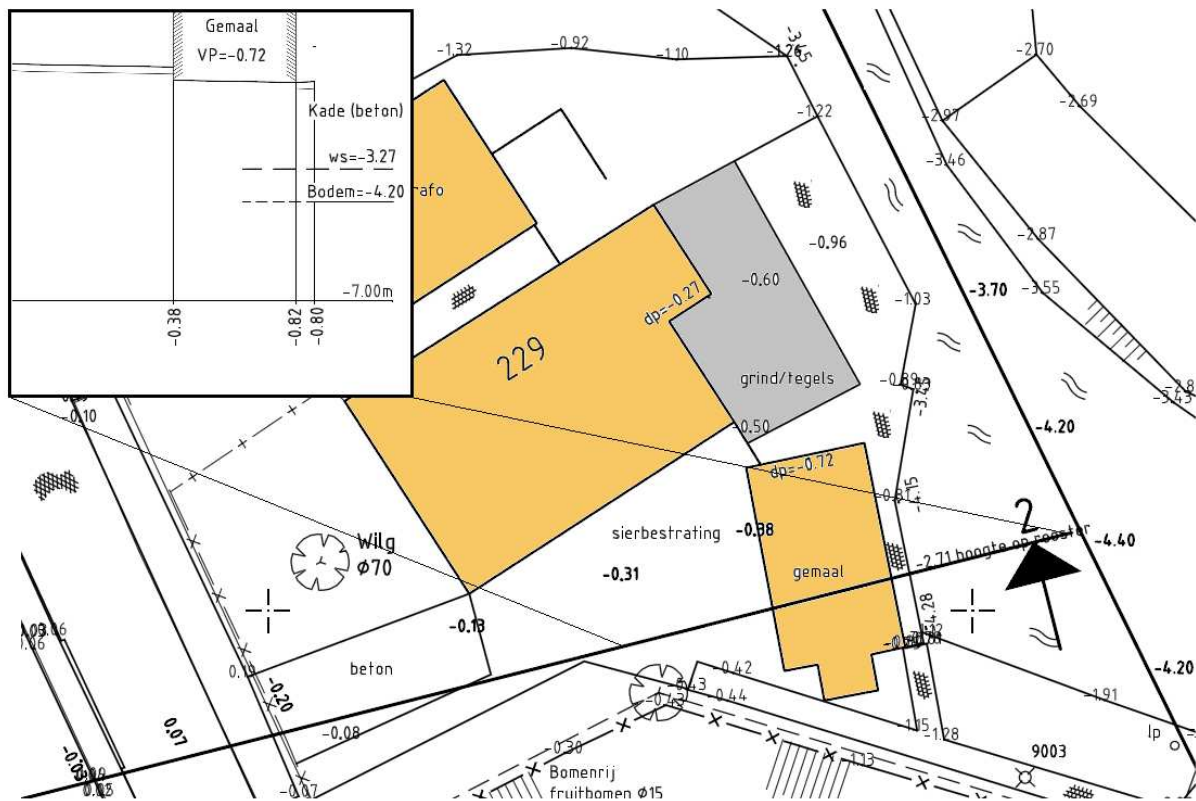


Figuur 2 - Impressie van de keermuur langs de woning en het gemaal

Uit de metingen is gebleken dat de betonnen keermuur (wand A) met name in verticale richting is verzakt. In horizontale richting is de wand zowel binnenwaarts als buitenwaarts gekanteld ten opzichte van de verticaal. De grootste (verticale) zakkingen hebben plaatsgevonden ter plaatse van het uiteinde van de betonnen wand (A) aan de noordzijde. De kerende hoogte is hier circa 2,0 m. Ter plaatse van de aansluiting met de wand tussen het gemaal en de woning (zuidzijde, wand B) is de kerende hoogte van de wand 2,34 m. De wand tussen het gemaal en de woning is ten opzichte van de gemetselde inlaatconstructie (wand C) van het gemaal niet verzakt. De wand (B) is hier ook nagenoeg loodrecht. De horizontale scheefstand van wand A is ter plaatse van de aansluiting met wand B maximaal. De wand (A) staat hier in binnenwaartse richting maximaal circa  $3^\circ$  (0,12 m) uit het lood. Aan de noordzijde staat de wand (A) circa  $1^\circ$  (0,04 m) uit het lood, in buitenwaartse richting.

### Beschikbare metingen

In 2008 is reeds in opdracht van Delfland het terrein rond het gemaal ingemeten. Hierbij is ook het niveau van de keermuur ter plaatse van het gemaal en de woning in kaart gebracht. Het resultaat van deze meting is weergegeven in figuur 3.



Figuur 3 - Inmeting Akkerdijkse Polder, januari 2008

De inmeting uit 2008 bevestigt de resultaten van het recent uitgevoerde veldonderzoek. Ook hieruit blijkt dat wand A verzakt is, waarbij een zakkingsverschil van 0,33 m is opgetreden tussen beide uiteinden. Uit deze meting blijkt verder dat het noordelijke uiteinde van wand B verzakt is (0,09 m) ten opzichte van wand C. De kerende hoogte van wand B is, tussen 2008 en 2014, naar schatting afgenomen met 2 à 3 cm.

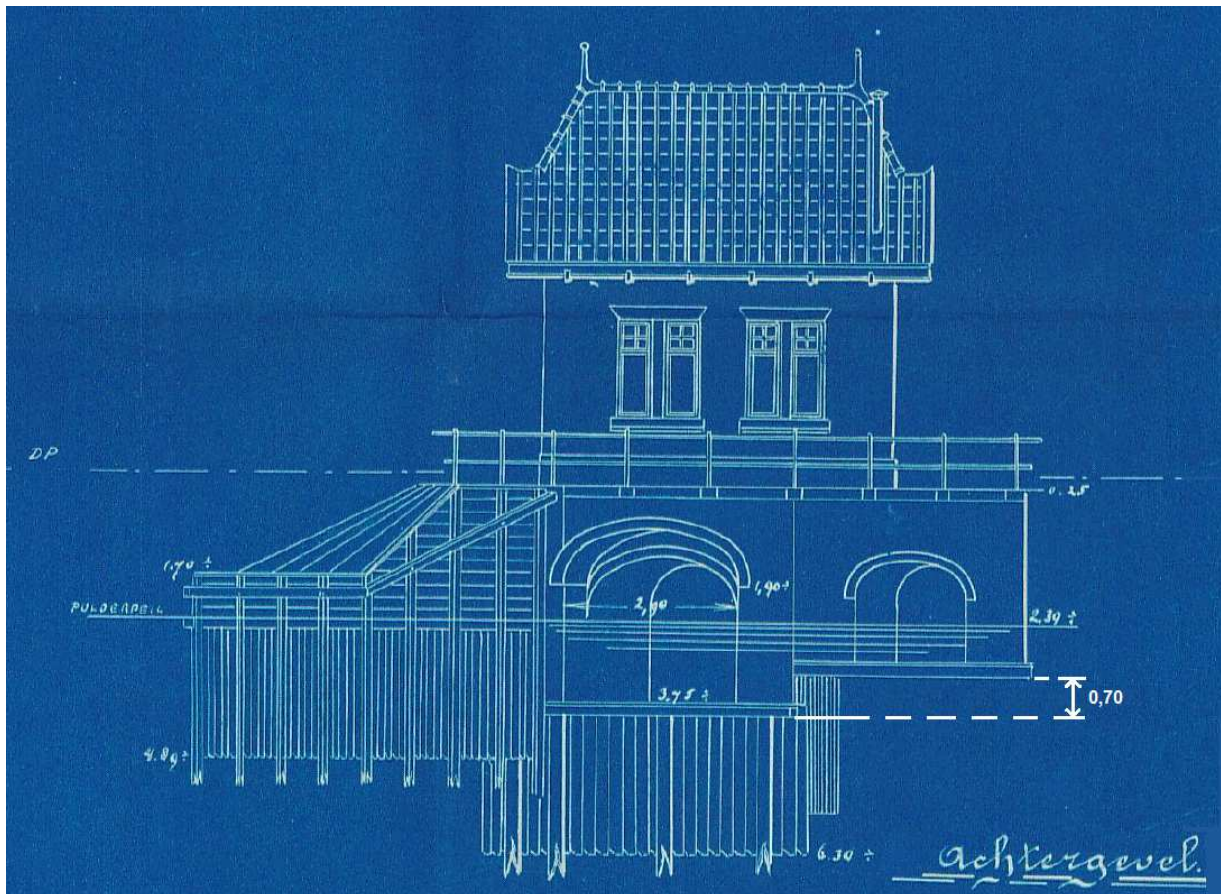
### **Historische gegevens**

Uit archiefonderzoek zijn niet veel gegevens te achterhalen met betrekking tot de bestaande keermuur. Het deel van de keermuur bij het gemaal dateert uit 1928. De woning en bijbehorende keermuur zijn naar verwachting omstreeks dezelfde periode gebouwd.

In figuur 4 is de ontwerptekening van het pompstation uit 1928 voor de elektrische bemaling weergegeven. Uit deze tekening blijkt dat de keermuur voor het gemaal (wand C) op palen is gefundeerd. Het niveau van de paalkoppen is DP -4,00 m (= NAP -4,41). De fundering voor de wand tussen het gemaal en de woning (wand B) is niet op tekening aangegeven. Uit de tekening wordt wel duidelijk dat de onderkant van wand B op een hoger niveau ligt dan de onderzijde van wand C. Dit geldt dan hoogstwaarschijnlijk ook voor wand A. Vermoedelijk zijn wand A en B, net als wand C, op palen gefundeerd. De paalkoppen onder wand A en B liggen dan circa 0,70 m hoger (op NAP -3,66 m) dan de paalkoppen onder wand C.

De bovenkant van de voet van wand C ligt volgens de ontwerptekening op NAP -4,16 m. De ingemeten bodemdpte is hier circa NAP -4,20 m. De bodemdpte is dus een goede indicatie voor de bovenkant van de voet van de wand. De bodemdpte langs wand A en B is ingemeten op NAP -3,45 m. Een verschil van 0,75 m met wand C. Hiermee is aangetoond dat het zeer aannemelijk is dat de fundering (palen) onder wand A en B circa 0,70 m hoger ligt dan de fundering onder wand C.





Figuur 4 - Ontwerptekening van het pompstation voor de elektrische bemaling (achtergevel)

Het peil in 1928 was zoals op tekening aangegeven ca. NAP -2,80 m (=DP -2,39 m). Het huidige peil is NAP -3,29 m. Tussen NAP -2,80 en NAP -3,29 m bevindt zich, ter plaatse van de keermuur, een (humeuze) kleilaag. Ten gevolge van de peildaling ontstaan zettingen in deze laag, waardoor ook de keermuur in combinatie met negatieve kleef zal verzakken indien deze niet goed is gefundeerd.

Uit figuur 4 blijkt dat de oorspronkelijke hoogte van de keermuur op NAP -0,66 m (=DP -0,25 m) is aangelegd (1928). In 2008 was het laagste punt ingemeten op NAP -1,22 m (0,56 m zakking in 80 jaar). In de afgelopen 6 jaar is daar nog circa 0,03 m bijgekomen. Gelet op de forse zakkingen is scheurvorming in de betonwand beperkt gebleven. Ter plaatse van de aansluiting tussen wand A en wand B zijn in het verleden echter wel herstelwerkzaamheden uitgevoerd, waarschijnlijk om de ruimte tussen de wanden op te vullen.

### **Bodemopbouw**

De bodemopbouw kan zeer bepalend zijn voor zettingen. Ook kunnen veranderingen in bodemopbouw, door bijvoorbeeld grondverbetering, zettingen tot gevolg hebben. Ten behoeve van het installeren van de peilbuizen om de grondwaterstand in de kade in kaart te brengen, zijn boringen uitgevoerd. Een van deze boringen (B03) is ter plaatse van wand A uitgevoerd (zie figuur 1). Het resultaat van de boring is weergegeven in tabel 1.

Tabel 1 - Bodemopbouw Gemaal Akkerdijkse Polder

Bovenkant laag [m +NAP]	Onderkant laag [m +NAP]	Laagdikte [m]	Grondsoort [-]
-1,00 (mv)	-2,60	1,60	Zand
-2,60	-3,90	1,30	Klei, zandig
-3,90	-4,70	0,80	Veen

De veenlaag loopt door tot circa NAP -7,00 m. De vaste zandlaag (pleistoceen) bevindt zich in dit gebied op NAP -18,00 m. Tussen het veenpakket en het pleistoceen bevindt zich hoofdzakelijk klei.

Wat opvalt aan de boring is de zandlaag direct onder het maaiveld. Indien deze door de mens is aangebracht kunnen zettingen in de ondergrond worden verwacht, vanwege de zettingsgevoelige lagen tussen NAP -2,60 en NAP -7,00 m. Dit verklaart waarom wand (A) op deze locatie is verzakt en in binnenwaartse richting is gekanteld.

### **Conclusie**

In deze memo is een analyse gemaakt van de keermuur langs de woning en het gemaal Akkerdijkse Polder. Vanwege de bouw van een nieuw gemaal is het noodzakelijk dat een nieuwe maalgang richting dit gemaal wordt gerealiseerd. In het voorlopig ontwerp (VO) wordt in de nieuwe situatie een deel van de huidige maalgang ter plaatse van de keermuur gedempt, daarnaast wordt een (zware) beschoeiing aangebracht.

De keermuur langs de woning en het gemaal is rond 1928 geplaatst en is waarschijnlijk gefundeerd op houten palen. Het gedeelte van de keermuur (betonnen wand) langs de woning, is ten opzichte van de aanleghoogte behoorlijk verzakt (0,25 tot 0,59 m in 86 jaar). Dit betekent dat palenfundering hier in zeer slechte staat verkeert, of dat geen paalfundering onder de wand aanwezig is onder dit deel van de muur.

De zakkingen zijn waarschijnlijk het gevolg geweest van het peilbeheer van de afgelopen 100 jaar. Door verlaging van het polderpeil heeft inklinking van de bodem onder de wand plaatsgevonden. Uit het grondonderzoek is verder gebleken dat, ter plaatse van de keermuur, aan de tuinzijde, zand is aangebracht. Hierdoor is de belasting op de ondergrond toegenomen waardoor extra zettingen plaats hebben gevonden. Doordat het zand aan binnenwaartse zijde is aangebracht, zijn hier ook de grootste zettingen opgetreden en is de wand in binnenwaartse richting gekanteld.

Indien het polderpeil in de toekomst verder wordt verlaagd, blijft de bodemdaling doorgaan en zal de muur ook verzakken. Grondaanvullingen ter compensatie van de bodemdaling, brengen een extra belasting met zich mee waardoor nog eens extra zettingen optreden.

### **Advies**

Op basis van de ontwerptekening uit 1928 is aangenomen dat er een (houten) paalfundering onder de keermuur aanwezig is. Dit is echter niet op deze tekening te zien, omdat dit deel van de muur ontbreekt. Het advies is om te bepalen, bijvoorbeeld met behulp van een duikinspectie, waarop de keermuur daadwerkelijk is gefundeerd en wat de technische staat hiervan is. Op basis van deze gegevens kan vervolgens naar een oplossing worden gekeken.

Het huidige voorontwerp voorziet in een grondaanvulling voorlangs de aanwezige keermuur in combinatie met een damwand. Aanbrengen van grond ter plaatse van de keermuur brengt een belastingtoename op de ondergrond met zich mee, waardoor extra zettingen in de ondergrond kunnen ontstaan. Deze oplossing heeft dus een negatief effect op de wand. Aangezien de fundering van wand A en B in een slechte staat verkeert, gaat hierdoor de wand (extra) verzakken. Er wordt daarom

geadviseerd om lichtgewicht materiaal te gebruiken om de ruimte tussen de damwand en wand A en B op te vullen.

Indien blijkt dat de keermuur op palen is gefundeerd is het mogelijk om de fundering van de keermuur (gedeeltelijk) te vervangen. Een optie is om de paalkoppen te ontgraven, af te zagen en het tussenliggende gedeelte op te vangen met een stalen/betonnen opzetstuk. Hierdoor staat de hele paal weer onder water en is houtrot niet verder mogelijk. Hierbij wordt wel aangenomen dat de onderzijde van de palen in de draagkrachtige grond staan zodat de paal niet in zijn geheel zakt. Dit dient nader onderzocht te worden.

Indien de keermuur op staal is gefundeerd is het mogelijk om de keermuur op palen te funderen. De uitvoering is daarbij een punt van zorg vanwege de nabijgelegen woning die eveneens op staal is gefundeerd. Trillingen als gevolg van het aanbrengen van de palen kunnen leiden tot schade aan de nabijgelegen panden.

Het is ook mogelijk om de huidige functie van de keermuur te laten vervallen en het voorontwerp aan te passen. Daarmee komt de grondaanvulling langs de voorzijde van de keermuur te vervallen en wordt er voorlans een vervangende keerwand (damwandconstructie) geplaatst. Ook hierbij is de uitvoering een uitdaging vanwege de op staal gefundeerde woning. Het aanbrengen van damwandplanken kan immers tevens tot trillingen leiden. Daarbij moet tevens met de volgende aandachtspunten in het ontwerp rekening worden gehouden:

- Vanwege het behoud van de bestaande keermuur is het aanbrengen van verankering wellicht niet mogelijk. Er dient dus rekening te worden gehouden met een onverankerde damwandconstructie. Gelet op de lokale weinig draagkrachtige ondergrond dient rekening te worden gehouden met een aanzienlijke planklengte. Wellicht biedt de toepassing van een gestaffelde damwandconstructie een kostenefficiënte oplossing. Door lange damwandplanken (bijvoorbeeld stijve kokerprofielen) af te wisselen met korte planken kunnen kosten worden bespaard.
- Vanwege het feit dat de woning en het voormalige gemaal naar verwachting binnen de invloedszone staan van trillingen tijdens de uitvoering is het raadzaam voorafgaand aan de uitvoering een trillingspredictie uit te voeren. Middels een trillingspredictie kan conform de SBR-richtlijn 'trillingen' worden bepaald op welke wijze de monitoring van trillingen plaats dient te vinden en welke uitvoeringsmethode (trilblok, silent piler, etc.) heeft meest geschikt is.
- Een aandachtspunt bij de damwandberekening is tevens de invloed van de bestaande keermuur op de damwand. Indien de bestaande keermuur in de toekomst verder blijft zakken achter de damwandconstructie dient tevens het verticale draagvermogen van de damwand gecontroleerd te worden.
- Een damwandconstructie heeft mogelijk ook effect op de geohydrologische situatie achter de damwand ten opzichte van de huidige situatie. Achter de damwand kan een hogere of lagere grondwaterstand ontstaan, wat effect heeft op de omliggende bebouwing. Het is daarom aan te bevelen om in het ontwerp rekening te houden met een voldoende doorlatende (drainerende) damwandconstructie.