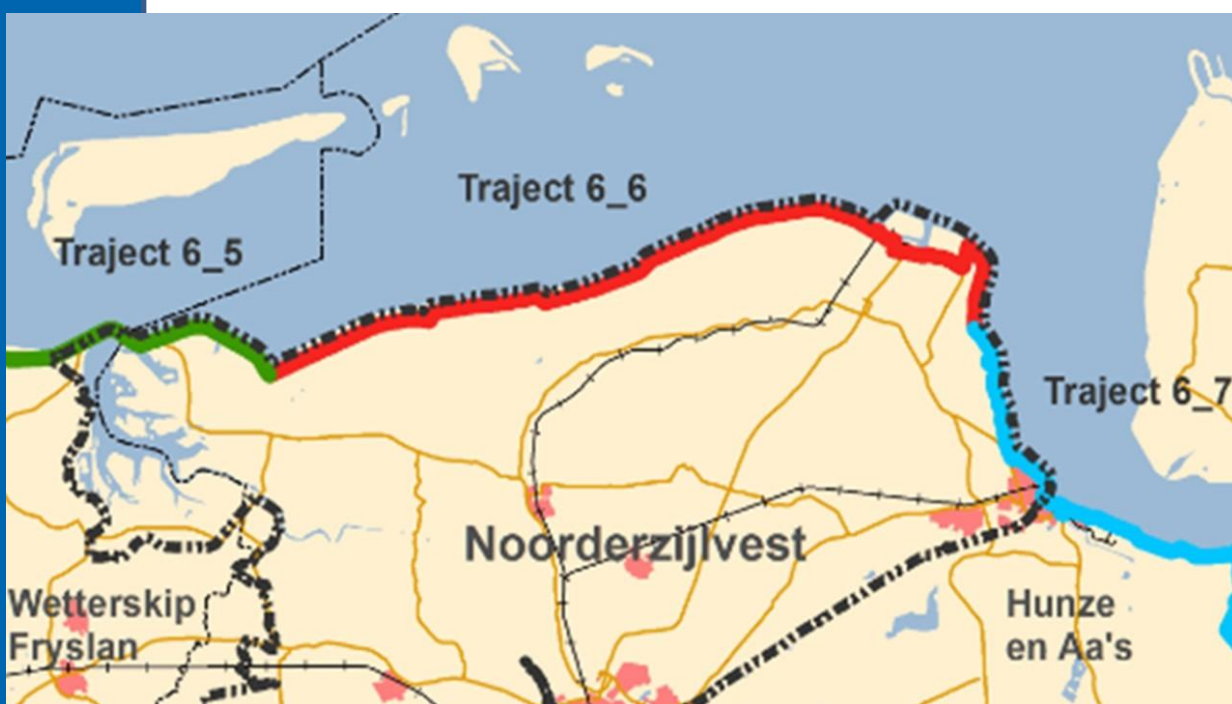




HET VERHAAL VAN DE KERING VAN DIJKTRAJECT 6-6

WAT WETEN WE VAN ONZE KERING?

december 2025





INHOUD

1	Algemeen	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Leeswijzer	6
2	Beschrijving van de waterkering	8
2.1	Inleiding	8
2.2	Ontstaansgeschiedenis dijktraject 6-6	9
2.3	Fysieke kenmerken van de waterkering.....	9
2.3.1	Noordelijke zeedijk en Emmapolderdijk	9
2.3.2	Oostpolderdijk	11
2.3.3	Eemshavencomplex	12
2.4	Aanwezige kunstwerken	13
2.4.1	Gemaal Noordpolderzijl	14
2.4.2	Gemaal de Stern	15
2.4.3	Gemaal Spijksterpompen.....	15
2.5	Leidingen en niet waterkerende objecten.....	16
2.5.1	Uitlaat Noordelijke Eemscentrale	16
2.5.2	Koelwaterinlaat Eemscentrale Zuid	17
2.5.3	Koelwateruitlaat Eemscentrale Zuid	17
2.5.4	Buisleidingenstraat Synergieweg Eemshaven-Oost	18
2.5.5	VOPAK leidingstraat.....	18
2.5.6	Gasleiding Noordgastransport.....	19
2.5.7	Hoogkerk waterleiding	19
2.5.8	Windturbines Eemshavencomplex	20
2.5.9	Windpark Oostpolderdijk.....	21
2.6	LBO1 in relatie tot de oude kleidijk.....	22
2.7	Zoetwateruitstroom vanuit de kering richting de kwelders	22
2.8	Voormalige uitwateringssluisjes.....	23
3	Geologische analyse.....	24
3.1	Geotechnisch lengteprofiel	24
4	Resultaten LBO1	25
4.1	De resultaten.....	25
4.2	Vervolgonderzoek historische geulen	26
4.3	Vervolgonderzoek asfaltbekleding	27
4.3.1	Analyse restlevensduur asfaltbekleding	27
4.3.2	Nadere analyse asfaltbekleding Oostpolderdijk	27
5	Opgave en Ontwikkelbehoefte gesprekken	29
5.1	Inleiding	29

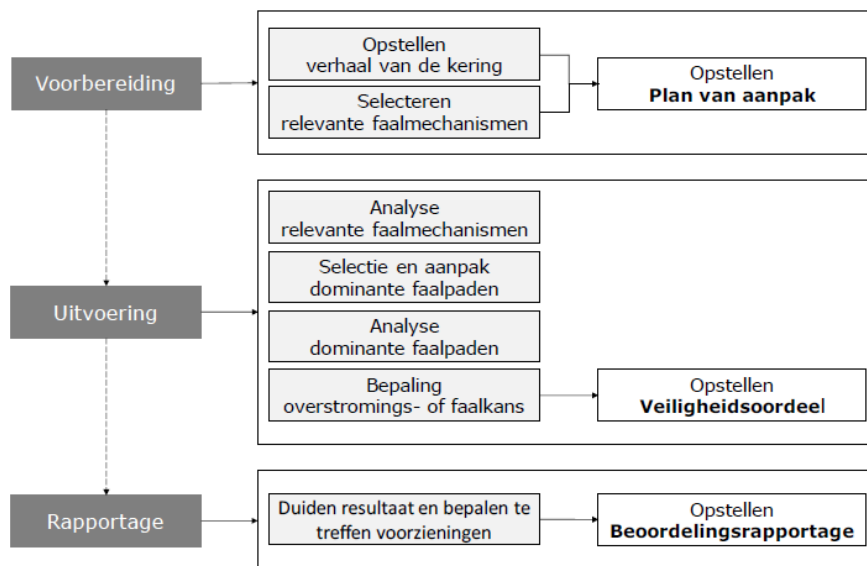
5.2	Doel van het project OOG	29
5.3	Aanpak.....	29
5.4	Resultaten gerelateerd aan dijktraject 6-6.....	29
5.4.1	Korte beschrijving fysieke kenmerken kering en omgeving.....	29
5.4.2	Kans op falen gerelateerd aan asfaltbekleding, piping en macrostabiliteit	29
5.4.3	Conclusies.....	30
6	Afstudeeronderzoek van Sytze Veenland over piping irt Groningse ondergrond	31
6.1	Inleiding	31
6.2	Onderzoeksresultaten.....	31

1 ALGEMEEN

1.1 Aanleiding

Voor de tweede landelijke beoordeling van primaire waterkeringen overstromingskansen (LBO2) worden de primaire waterkeringen getoetst aan de bijbehorende normering volgens de omgevingswet en besluit kwaliteit leefomgeving. De omgevingsregeling [1] beschrijft de randvoorwaarden en te volgen procedure voor de beoordeling. Het beoordelen van waterkeringen conform LBO2 vergt een goede informatiebasis.

Figuur 1 toont een globaal stappenplan voor de beoordeling van een dijktraject conform LBO2. Het verhaal van de kering is de eerste stap in de beoordeling, waarin alle relevante informatie en kennis over het betreffende dijktraject overzichtelijk wordt weergegeven. De omgevingsregeling [1] beschrijft de inhoudelijke vereisten voor het verhaal van de kering.



Figuur 1 Schematische weergave van de fasen van de beoordeling

De voorliggende rapportage betreft het verhaal van de kering voor dijktraject 6-6 Oostpolder-Westpolder. Deze is onderdeel van een serie rapportages die uiteindelijk leiden tot de veiligheidsrapportage van dit dijktraject. De samenhang van de diverse rapportage is opgenomen in Figuur 2.



Figuur 2 Samenhang van de rapportages

1.2 Leeswijzer

In de omgevingsregeling [1] en het landelijk draaiboek LBO2 [2] is opgenomen waaraan het verhaal van de kering dient te voldoen. De hoofdstukindeling van deze rapportage, weergegeven in Tabel 1, sluit hierop aan.

HOOFDSTUK	BASISELEMENTEN	BESCHRIJVING
2	Beschrijving van de waterkering	<i>De beschrijving van de eigenschappen van de waterkering die van belang zijn voor een overstromings- of faalkansanalyse, waarbij ook de relatie wordt gelegd met de historische achtergrond van de waterkering. Het gaat onder andere om de geometrie en de opbouw van de waterkering, type bekledingen, waterkerende constructies, waterkerende kunstwerken en niet-waterkerende objecten die de overstromings- of faalkans kunnen beïnvloeden</i>
3	Geologische analyse	<i>Geologische processen hebben de ondergrond en het landschap in Nederland gevormd. Een geo(hydro)logische analyse levert relevante inzichten op voor zowel de ondergrond als het watersysteem. Voor het bepalen van de relevante faalpaden is het belangrijk de recente geologische tijdvakken te analyseren en de geohydrologische en geotechnische eigenschappen van het ondergrondsysteem kwalitatief te beschrijven.</i>
4	Hydrologische en hydraulische analyse	<i>Voor het begrijpen van de overstromings- of faalkans en het bepalen van de relevante faalmechanismen is het belangrijk de hydrologie te analyseren en de hydraulische</i>

		<i>kenmerken kwalitatief te beschrijven. Het gaat daarbij om een beschrijving van de hydraulische belasting van het dijktraject vanuit het watersysteem, waar nodig in combinatie met hydrologische gebeurtenissen, zoals extreme neerslag</i>
5	Kennis en ervaring van de keringbeheerder	<i>Inspecties van de waterkering hebben inzicht gegeven in opgetreden schade en vervormingen van de waterkering. Daarnaast heeft de keringbeheerder de waterkering eerder beoordeeld en mogelijk versterkt. Al deze kennis en ervaring van de keringbeheerder worden meegenomen bij het opstellen van het verhaal van de kering</i>

Tabel 1 Hoofdstukindeling op basis de Omgevingsregeling en het Draaiboek LBO2

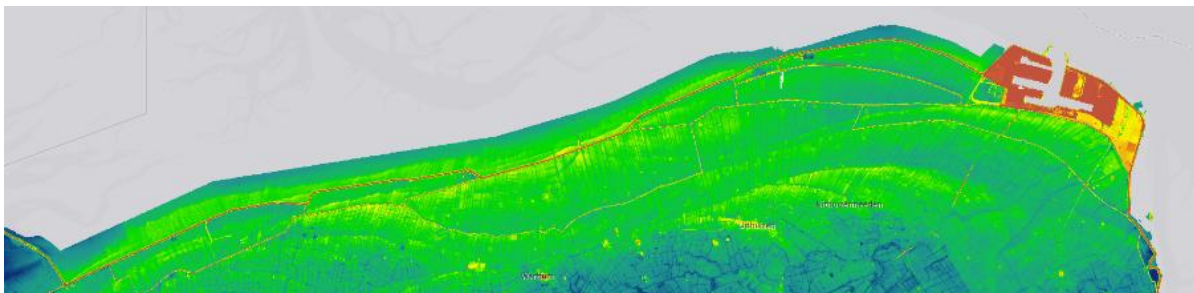
2 BESCHRIJVING VAN DE WATERKERING

2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk bevat een beschrijving van de eigenschappen van dijktraject 6-6, die van belang zijn voor een overstromingskansanalyse. Eerst komen de ligging en de historie van de kering aan bod, daarna worden kenmerken als geometrie, type bekleding, waterkerende constructies en kunstwerken beschreven.

Dijktraject 6-6 begint aan de Zuidzijde van de Oostpolderdijk nabij Nieuwstad, sluit aan de Westzijde aan op de Lauwersmeerdijk en heeft een totale lengte van 46,3 km, zie Figuur 1. In de Regeling Besluit kwaliteit Leefomgeving is de wettelijke normering vastgelegd waaraan moet worden voldaan. Hierin is de omgevingswaarde, voorheen de ondergrens, omschreven als “de ten hoogste toelaatbare kans per jaar op verlies van waterkerend vermogen waardoor het door het dijktraject beschermde gebied overstroomt op een zodanige wijze en in zodanige mate dat dit leidt tot dodelijke slachtoffers of substantiële economische schade”. De omgevingswaarde voor het dijktraject is vastgesteld op een maximale kans van 1/1.000 per jaar. Naast de omgevingswaarde bestaat ook nog de normering ‘andere parameters voor de signalering over de veiligheid van een dijktraject’. Deze komt overeen met de voormalige signaleringswaarde en heeft voor dit dijktraject een waarde van 1/3.000 per jaar.

Het Dijktraject 6-6 omvat deels de Westpolderdijk grenzend aan de Oostzijde van Lauwersmeerdijk tot en met de Oostpolderdijk. Het achterland is relatief hoog gelegen ten opzichte van de rest van de provincie. De gefaseerde inpoldering van de Waddenzee c.q. landaanwinning is duidelijk herkenbaar in Figuur 3. De maaiveldhoogte ter plaatse van het Eemshavencomplex is doorgaans NAP + 4m. Het trajectgedeelte binnen het gebied bestaat grotendeels uit een volledig groene kering, zie Figuur 4.



Figuur 3 Hoogteligging achterland



Figuur 4 Trajectgedeelte Eemshavencomplex

Het dijktraject 6-6 is net als de andere dijktrajecten opgenomen in het Nationaal basis bestand primaire waterkeringen. In Tabel 2 zijn de specifieke kenmerken, zoals de coördinaten van het begin en het eindpunt, weergegeven

Naam dijktraject	6-6 Oostpolder-Westpolder
Signaleringsparameter	1/3000
Omgevingswaarde	1/1000
Lengte	46.3km
Dijkpaal begin (km)	37
Dijkpaal eind (km)	82,5
RD-x, y beginpunt dijktraject	216161, 601054
RD-x, y eindpunt dijktraject	253851, 603456

Tabel 2 Kenmerken dijktraject

2.2 Ontstaansgeschiedenis dijktraject 6-6

Het dijktraject is langzaam maar zeker ontstaan vanaf het begin van de 19^e eeuw met de bouw van de Noorderdijk ten behoeve van de aanleg van de Noordpolder. Stukje bij beetje zijn sinds dat moment kweldergebieden ingepolderd. De afzonderlijke polders werden weer verbonden met een nieuw stukje zeekering, zie Figuur 5. Uiteindelijk resulteerde dit in een (aaneen)gesloten kering langs de Waddenzee. Daarnaast is aan de oostkant rond 1830 de Oostpolderdijk aangelegd. Al deze keringen ten behoeve van de inpoldering zijn aangelegd met materiaal uit direct aangrenzende kwelders dan wel klei uit achterland. Het waren destijds nagenoeg volledig groene dijken met slechts klinkers als harde (steen)bekleding op het onderste deel van het talud. Gelet op het voornoemde mag worden aangenomen dat de kering direct grenzend aan de Waddenzee zich bevindt op ondergrond met de kenmerken van getijdenzand c.q. fijne gelaagdheid met kleiachtige kenmerken. De Eemshaven is een geval apart en is in de jaren 60 van de 20^e eeuw aangelegd.



Figuur 5 Inpoldering kweldergebieden

2.3 Fysieke kenmerken van de waterkering

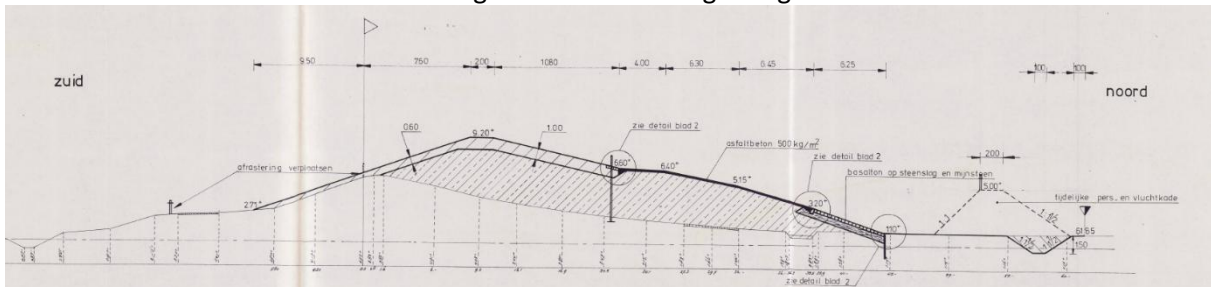
2.3.1 Noordelijke zeedijk en Emmapolderdijk

Een zware storm in 1962 resulteerde in serieuze schade aan de kering ter plaatse van de Emmapolder, zie Figuur 6. Met de Watersnoodramp 1953 nog vers in het geheugen was dit reden temeer om de Waddenzeekering in z'n geheel versneld te versterken.

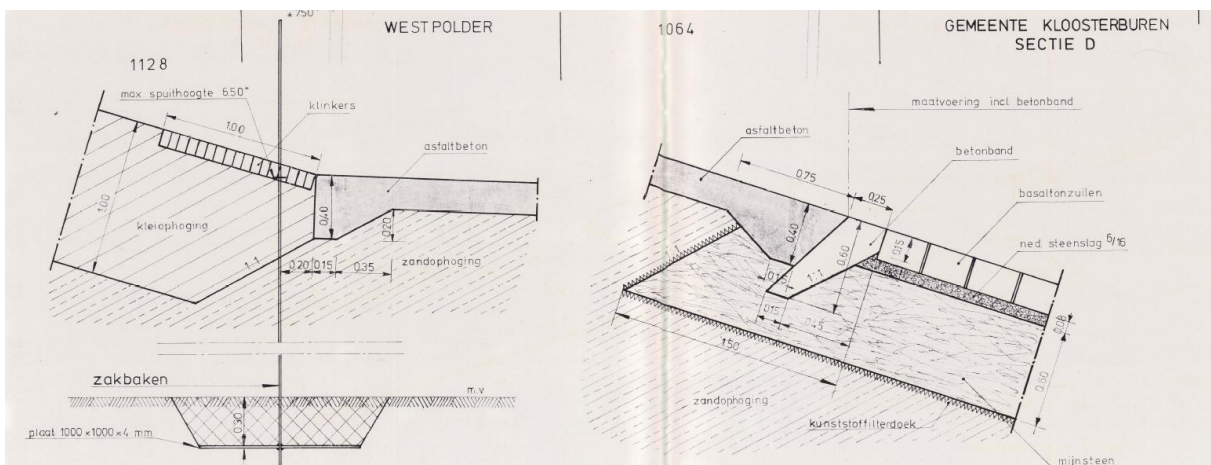


Figuur 6 Schade aan kering ten gevolge van storm in 1962

Al met al is het gehele traject vanaf de Lauwersmeerdijk tot aan het Eemshavencomplex in de jaren '70 en '80 zeewaarts verbreed en opgehoogd met zeezand, zie Figuur 7. In de bestekstekening is de voormalige kering aan landzijde ingetekend. Tijdens de laatste versterking is soms 'klei' voor de afdeklaag gewonnen in het voorland onder het huidige nieuwe profiel. Uit de bestekbeschrijvingen kan worden afgeleid dat het zandlichaam soms tot 0,5m dieper reikt dan aangegeven op de bijbehorende bestekstekeningen. Dit heeft echter naar verwachting geen negatief effect op het geotechnisch gedrag van de kering en daarmee de faalkans van het dijktraject. De taludbekleding is grotendeels uniform van opbouw. Aan zeezijde is die als volgt van opbouw: steen-, asfalt-, grasbekleding. In meerdere dijkvakken is ter plaatse van de aansluiting van de grasbekleding op de asfaltbekleding een overgangsconstructie aangebracht in de vorm van 1m klinkers dan wel betonen grasdoorgroei tegels. De steenbekleding is divers, te denken aan koperslak, basalt- en betonblokken. De kenmerken hiervan inclusief die van de onderlagen is gedetailleerd beschreven in de bestekken van destijds en bijbehorende bestekstekeningen, zie Figuur 8 Ter plaatse van de kruin en het binnentalud bestaat de bekleding uit een kleideklaag met gras.



Figuur 7 bestekstekening versterking Noordelijke Zeedijk jaren '70 - '80



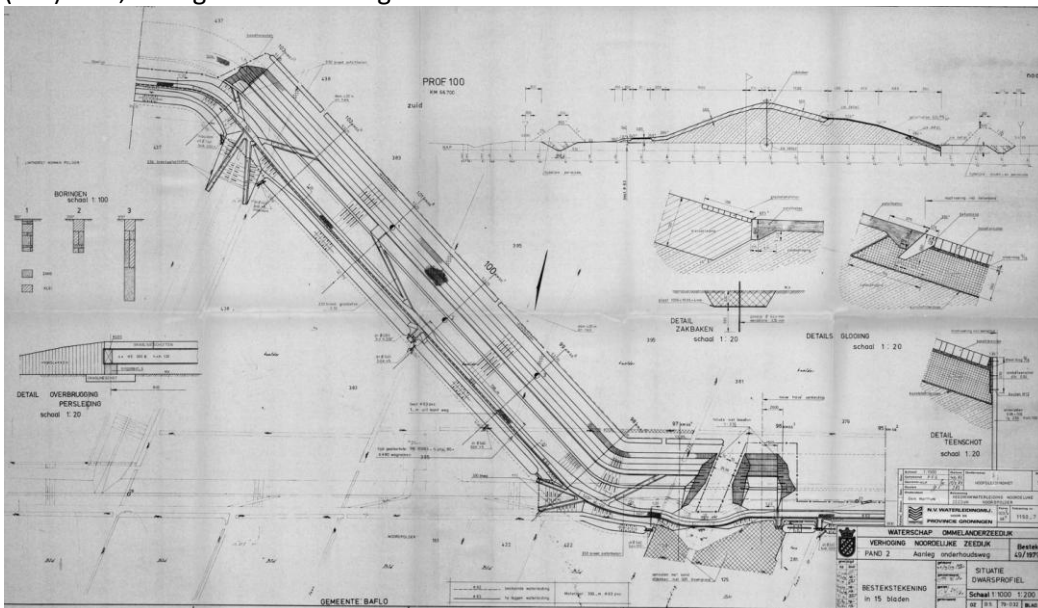
Figuur 8 Opbouw steenbekleding en overgangsconstructies

In deze versterkingsronde zijn ter plaatse van de Noordpolder de bochten aan weerskanten van het dijkvak afgesneden resulterend in een soepelere overgang tussen de dijkvakken, zie Figuur 9. Dit riep de vraag op in hoeverre deze korte dijkvakken sec bestaan uit zand of dat daar ook kleidijk aanwezig is in het profiel.



Figuur 9 Bochtafsnijding ter plaatse van de Noordpolder

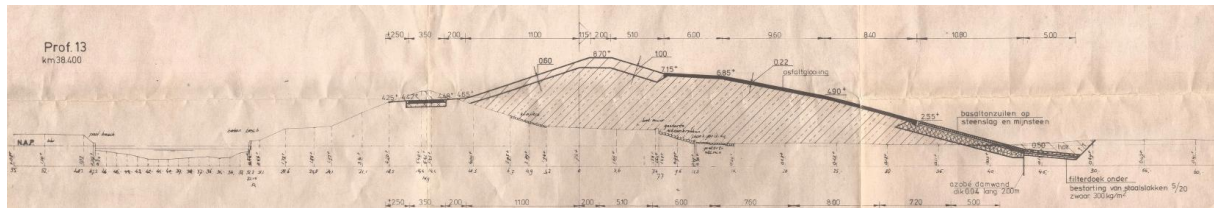
Aangezien voor die tijd de kering gefaseerd is aangelegd met gebiedseigen materiaal mag worden aangenomen dat die bestaat uit kleiachtig materiaal. Op basis van de bestekstekeningen d.d. 1979 mag worden aangenomen dat deze dijkvakken geen kleikern bevatten en volledig zijn opgebouwd uit (zee)zand, zie Figuur 10. Nader geotechnisch onderzoek mbt kleikern



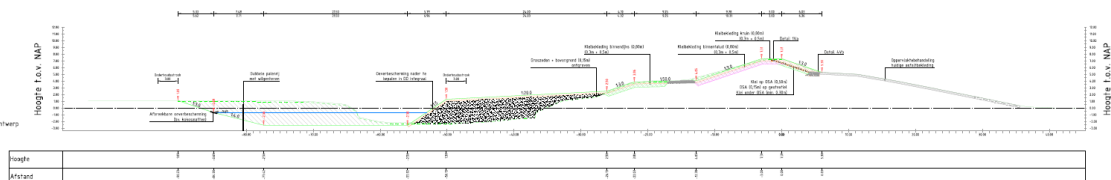
Figuur 10 Bestekstekening bochtafsnijding ter plaatse van Noordpolder

2.3.2 Oostpolderdijk

De Oostpolderdijk is intern gelijk van opbouw als de keringen langs de Waddenzee. Tijdens de voorlaatste versterking is deze zeewaarts uitgebreid, zie Figuur 11. De meest recente versterking dateert uit de periode 2015-2019. De toen uitgevoerde werkzaamheden maakten deel uit van het dijkversterkingsproject Eemshaven-Delfzijl. Daarbij is het aan landzijde gesitueerde Oostpolderbermkanaal iets landinwaarts verlegd ten behoeve van de aanleg van een stabiliteitsberm, zie Figuur 12. De asfaltbekleding die is aangebracht tijdens de voorlaatste versterking anno 1979 is niet vernieuwd. De daarboven gelegen taludbekleding bestond oorspronkelijk uit klei maar is vervangen door open steenasfalt op geotextiel en is afgedekt met een kleilaag van ca 0,5m. De primaire waterkering ter plaatse van het Eemshavencomplex dateren uit de tijd dat het Eemshavencomplex is aangelegd en zijn volledig opgebouwd uit zand met als bekleding stenen – asfalt – kleideklaag met gras.



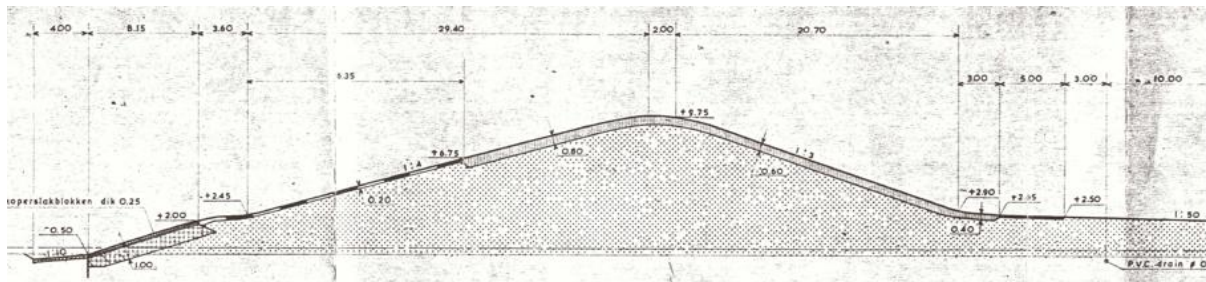
Figuur 11 Zeewaartse versterking Oostpolderdijk anno 1880



Figuur 12 Ontwerptekening Oostpolderdijk ikv dijkversterkingsproject Eemshaven-Delfzijl

2.3.3 Eemshavencomplex

De aanleg van het Eemshavencomplex is van start gegaan in 1970. Het haventerrein en de keringen zijn volledig opgebouwd uit opgespoten zand. De opbouw van de bekleding is gelijk aan die van de overige keringen langs de Waddenzee, te weten steenbekleding, asfaltbekleding en vervolgens grasbekleding, zie Figuur 13.



Figuur 13 Opbouw zeedijk rondom Eemshavencomplex

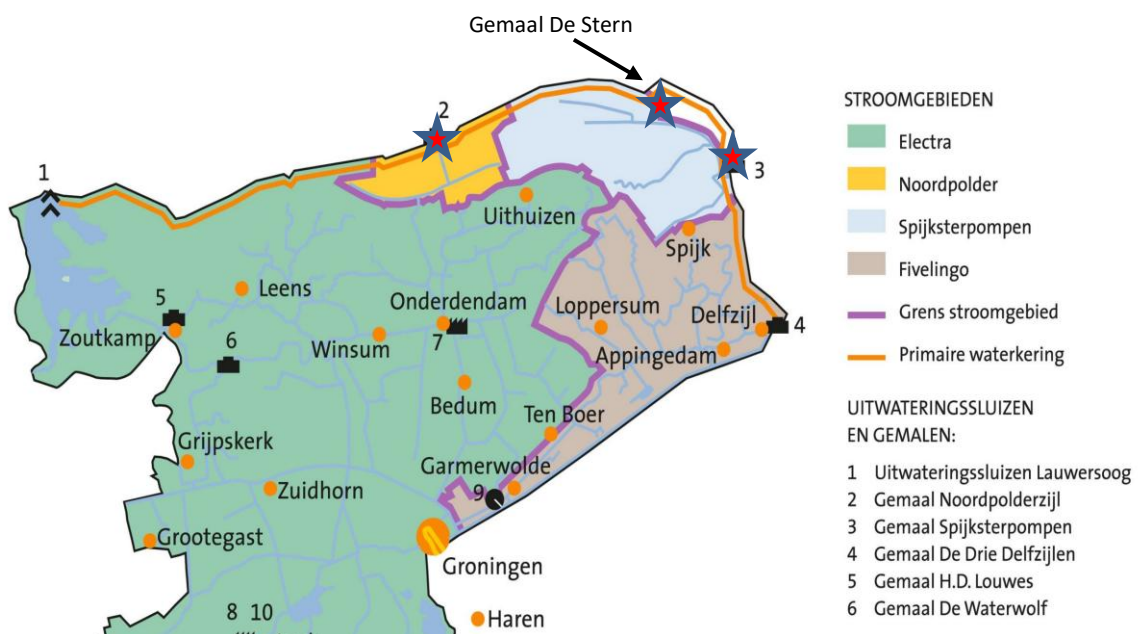
Enkele jaren later was de eerste fase voltooid. In de loop der jaren hebben zich meerdere ontwikkelingen voorgedaan die relevant zijn voor de ligging van de huidige primaire waterkering. Een voorbeeld hiervan is de verlenging van de Wilhelminahaven. Essentiëler echter is dat om praktische reden op een bepaald moment is besloten om een gedeelte van het oostelijk haventerrein buitendijks te brengen. Eind negentiger jaren ontstond namelijk de behoefte voor ruimte van een scheepswerf. Eerst een gericht op de afbouw van schepen en later juist een sloopwerf. Beide projecten zijn weliswaar niet doorgegaan maar omstreeks 2007 is de ligging van kering wel verplaatst, zie Figuur 14. Enkele jaren later startte men met de verlenging van de Wilhelminahaven.



Figuur 14 Verlegging primaire waterkering Eemshavencomplex

2.4 Aanwezige kunstwerken

In het dijktraject zijn meerdere kunstwerken aanwezig die ook duidelijk verschillen van aard zijn. Het betreffen de gemalen Noordpolderzijl, Spijksterpompen en De Stern¹. Het gemaal Noordpolderzijl is gesitueerd ongeveer halverwege de Lauwersmeerdijk en het Eemshavencomplex, het gemaal De Stern bevindt zich in het Eemshavencomplex zelf en het gemaal Spijksterpompen ter plaatse van de Oostpolderdijk, zie Figuur 15



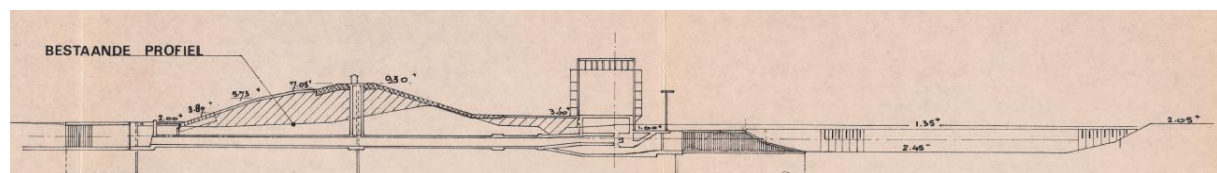
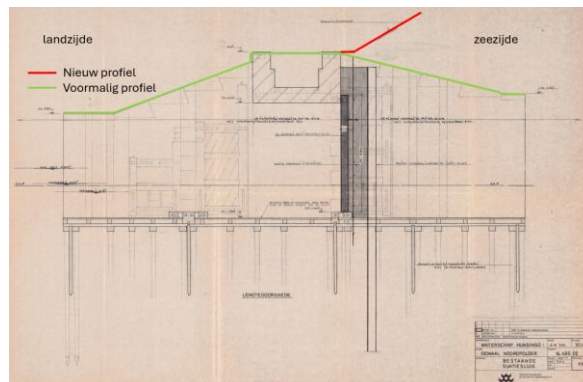
Figuur 15 Locaties kunstwerken

2.4.1 Gemaal Noordpolderzijl

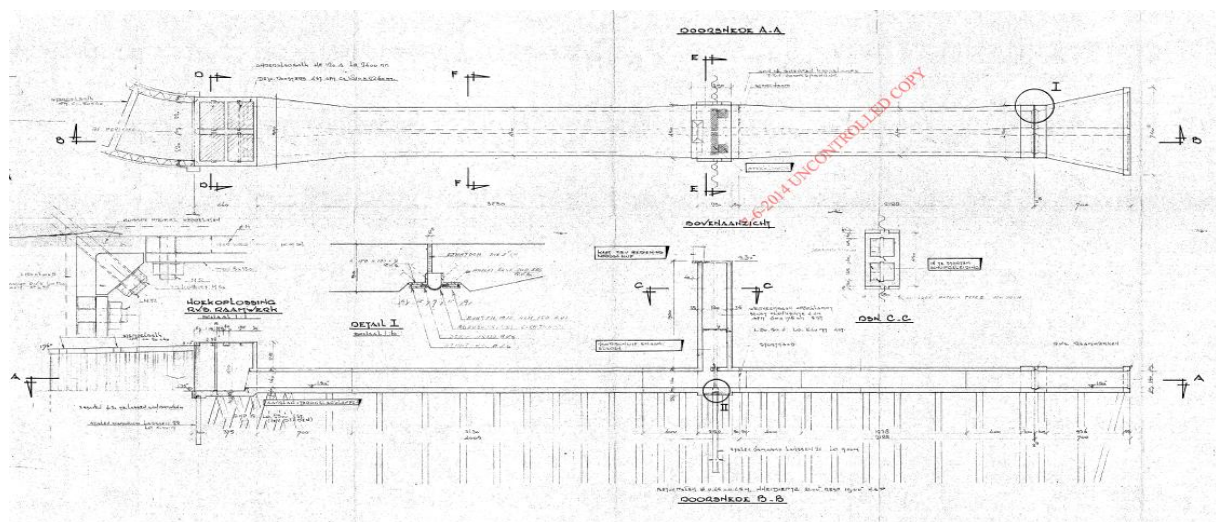
Tot rond 1980 werd het overtollig boezemwater afgevoerd via de uitwateringssluis Noordpolderzijl, zie Figuur 16. Omstreeks die tijd is het gemaal Noordpolderzijl gebouwd in combinatie met de toenmalige dijkversterking van de noordelijke zeedijk, zie Figuur 17. De voormalige uitwateringssluis is toen grotendeels verwijderd. De uitwateringskoker van het huidige gemaal bevindt zich op het niveau van de dijbasis en is gefundeerd op palen, zie Figuur 18. De inheidiepte van de palen reikt tot -19m tot -21m t.o.v. NAP. Ter plaatse van de uiteinden van de koker zijn stalen damwanden aangebracht met een lengte van 4m. Grofweg halverwege de koker is nog een stalen damwand aangebracht met een lengte van 9m. Op basis van de bestekstekeningen is af te leiden dat deze reikt tot -10,75m t.o.v. NAP. Het voornoemde is specifiek van belang voor het aspect piping. De horizontale kwelweglengte onder de koker mag maar deels in rekening worden gebracht. Omdat de koker is gefundeerd op palen moet er van uit worden gegaan dat er een holle ruimte ontstaat onder de koker wegens verschil van zetting tussen de koker en de ondergrond. De formule van Lane ($h \cdot cl < L_v + L_h/3$) dient te worden toegepast.



Figuur 16 Voormalige uitwateringssluis Noordpolderzijl



Figuur 17 Positie gemaal en uitstroomkoker t.o.v. dijkprofiel



Figuur 18 Fundering uitwateringskoker



Figuur 19 gemaal Noordpolderzijl en voormalige uitwateringssluits Noordpolderzijl

2.4.2 Gemaal de Stern

Het gemaal de Stern dient voor de bemaling van een stuk land van grofweg 22 ha dat is gelegen ten Oosten van de Vopak terminal in het Eemshavengebied, zie Figuur 20. Dit gemaal is in 1999 aangelegd. De constructie bestaat uit een pompput in de kruin van de dijk. Vanuit deze pompput wordt het water door een verzinkt stalen leiding $\varnothing 64$ mm (2") weggepompt naar de Emmahaven. De buitenwaterstand staat niet tegen de constructie van het gemaal, maar tegen de zeedijk.



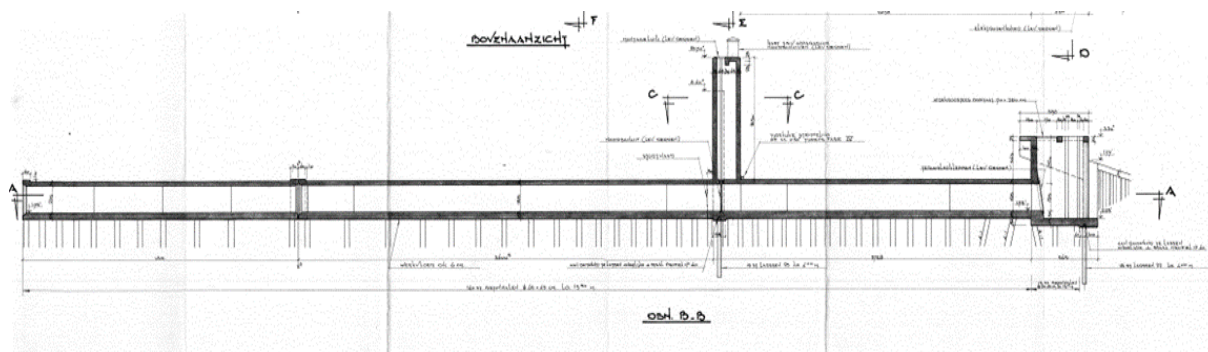
Figuur 20 Gemaal De Stern

2.4.3 Gemaal Spijksterpompen

Het gemaal Spijksterpompen is in 1976 aangelegd ter plaatse van de Oostpolderdijk. Het gemaal pompt of voert via vrij verval water af naar de Waddenzee. Het gemaal zelf ligt naast de kering, zie Figuur 21. In de afgelopen jaren is dit gerenoveerd en voorzien van nieuwe elektrische pompen. De watertoevoer gaat via het Oostpolderbermkanaal dat in het kader van het dijkversterkingsproject Eemshaven-Delfzijl deels landinwaarts is verlegd. De wateruitlaat vindt plaats via een op palen gefundeerde koker die de kering doorkruist, zie Figuur 22. Daarvoor is een horizontale perskoker in de dijk aangelegd met 2 separate kokers met inwendige afmetingen 3,0x1,85 m (bxh) op een niveau van NAP -1,75 m bovenkant vloer. De buitenwaterstand staat niet tegen de constructie van het gemaal, maar tegen de zeedijk.



Figuur 21 gemaal Spijksterpompen



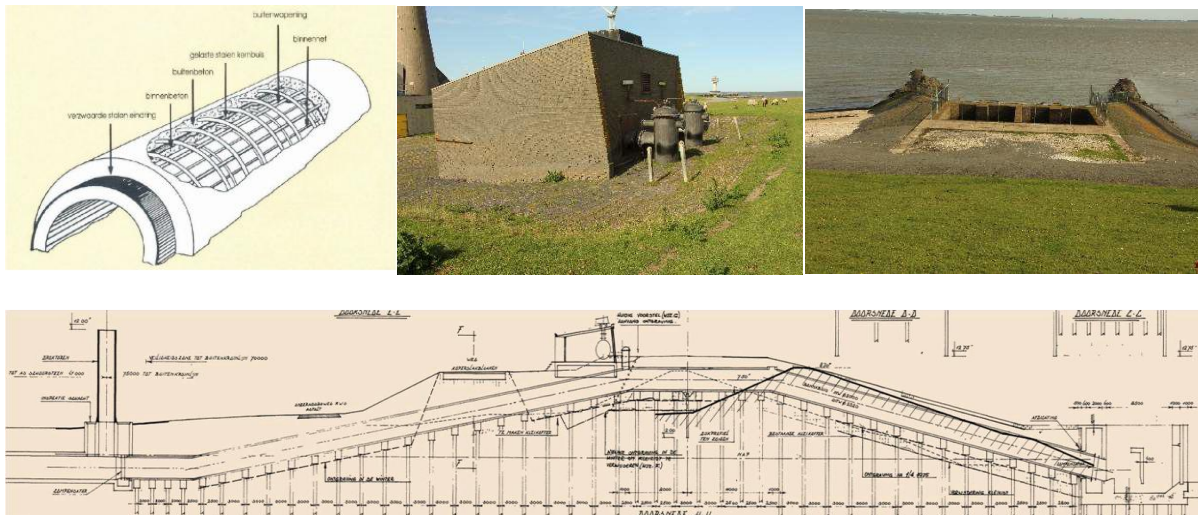
Figuur 22 zijaanzicht uitwateringskoker gemaal Spijksterpompen

2.5 Leidingen en niet waterkerende objecten.

Ter plaatse van de Eemshaven bevinden zich meerdere grote leidingen. Dit zijn zowel hogedruk als lagedruk leidingen. Daarnaast bevinden zich enkele bijzondere niet waterkerende objecten zoals windturbines nabij dan wel op de kering. Ter plaatse van het Eemshavencomplex speelt dat hier meerdere elektriciteitskabels aan land komen die een verbinding vormen met windmolenparken dan wel met Denemarken (Cobrakabel) of Noorwegen (NorNed kabel).

2.5.1 Uitlaat Noordelijke Eemscentrale

De oudste leiding betreft de koelwateruitlaat van de noordelijke Eemscentrale welke is aangelegd in 1975. Deze is opgebouwd uit 2 leidingen (type Bonna; beton met plaatstalen kern) met inwendige afmeting $\varnothing 2000$ mm, opgelegd op onderheide kespen hoh 3 m. De leidingen monden aan de wadzijde uit in een uitlaatwerk met stroombrekers in de teen van de waterkering en een stroomgeul met geleidedammen op het voorland. De kokers in de dijk volgen het profiel van de dijk en liggen ter plaatse van de kruin op een niveau van ca. NAP +6,5 m b.o.b, zie Figuur 23.



Figuur 23 Constructieve opbouw en positionering van de uitlaat van de Noordelijke Eemscentrale

De leiding is ontworpen als hogedrukleiding maar wordt momenteel niet meer als zodanig ingezet. Alleen in een situatie van veel neerslag wordt de leiding ingezet voor de afvoer hiervan. De leiding is zodoende ook te beschouwen als lage drukleiding.

2.5.2 Koelwaterinlaat Eemscentrale Zuid

De inlaat is gerealiseerd in 1995 en bestaat uit 6 stuks leidingen, opgebouwd uit prefab betonbuizen met plaatstalen kern met een inwendige diameter van $\varnothing 2200$ mm. De buizen zijn opgelegd op een leidingenviaduct, dat volledig boven de primaire waterkering gelegen, zie Figuur 24. De leidingen zijn gesitueerd op NAP+8,7 m b.o.b.. Koelwater wordt via 5 buisleidingen vanuit het buitendijkse pompgebouw naar de inlaatdruktoren getransporteerd, de 6e leiding is in gebruik als retourleiding. Het leidingenviaduct is opgebouwd uit geprefabriceerde voorgespannen betonnen liggers waarop een druklaag (het dek) wordt gestort. De dekconstructie rust op in het werk gestorte betonnen balken welke via betonpalen door de dijk heen op een draagkrachtige laag zijn gefundeerd.

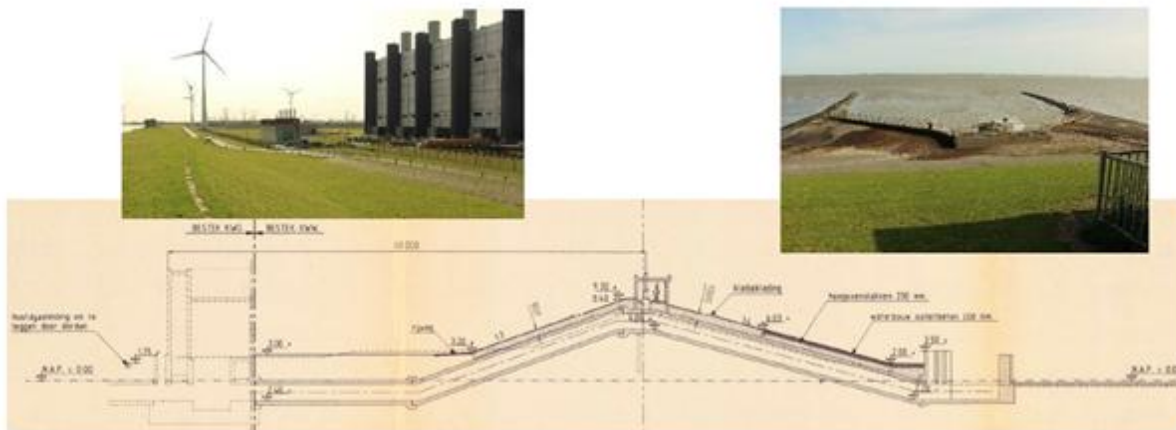


Figuur 24 Koelwaterinlaat Eemscentrale

2.5.3 Koelwateruitlaat Eemscentrale Zuid

De koelwateruitlaat voor de zuidelijk Eemscentrale is aangelegd in 1995. Deze koelwateruitlaat bestaat uit een monoliet betonstructuur op staal gefundeerd met 5 separate kokers (inwendige

afmetingen 2x2 m) en een uitlaatwerk in de teen en het voorland van de waterkering. De kokers in de dijk volgen het profiel van de dijk en liggen ter plaatse van de kruin op NAP +6,0 m b.o.b, zie Figuur 25. Het systeem werkt als een hevel.

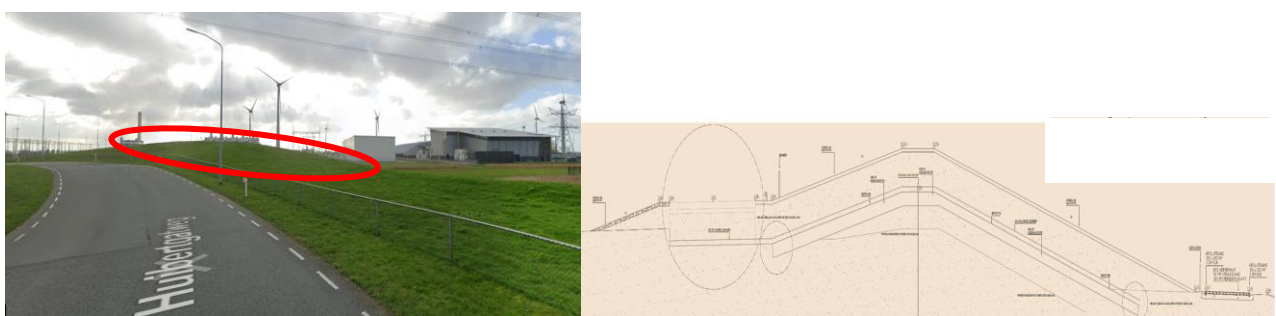


Figuur 25 Koelwateruitlaat Eemscentrale Zuid

2.5.4 Buisleidingenstraat Synergieweg Eemshaven-Oost

In de zuidoostelijke hoek van het bedrijfsterrein van de Eemshaven bevindt zich een buisleidingenstraat, waarin kabels en leidingen van diverse beheerders de waterkering kruisen. Het jaar van aanleg is 2011. De straat is ter plaatse van de waterkering opgebouwd uit een erosiebestendige laag klei van 800 mm dik waarop een zandbed is aangelegd. In dit zandbed zijn de leidingen aangebracht. De dijk is ter plaatse van de kruising ruim 2,5 m hoger dan de aansluitende grondlichamen aan weerszijden hiervan, zie Figuur 26. Hiermee is bereikt dat de leidingen buiten de kernzone zijn gebracht. Ter plaatse van de dijk kruin liggen de leidingen op een niveau b.o.b. van NAP +8,5 m en is een vervangende waterkering aangebracht in de vorm van een stalen damwand AZ19 lang 11 m. In de koker liggen de volgende media:

- Gasleiding Gasunie: Ø450 mm staal, inwendige druk 79,9 bar.
- Persriool Groningen Seaports: Ø90 mm HDPE, inwendige druk max. 1 bar
- Waterleiding Gemeente Eemmond: Ø400 mm staal, inwendige druk max. 1 bar
- LNG hogedrukleiding xxxx

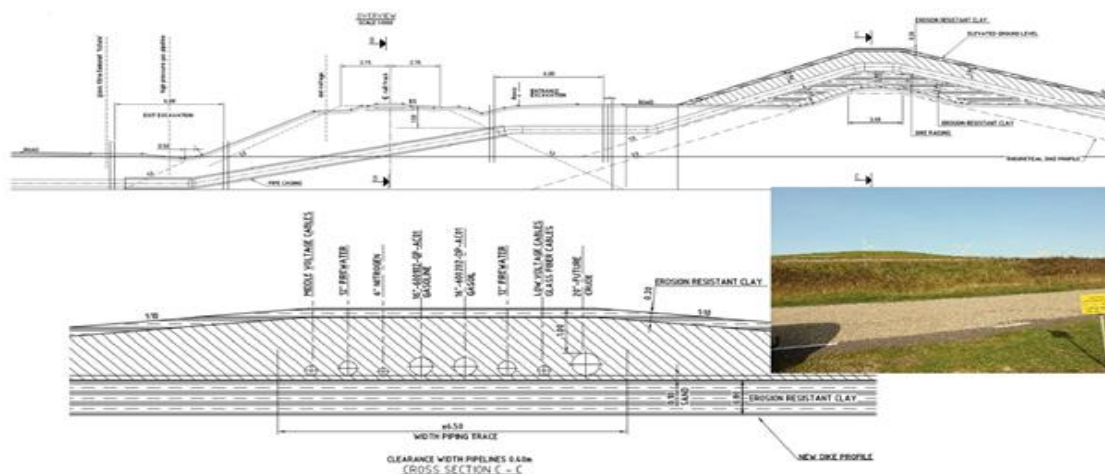


Figuur 26 Buisleidingstraat Synergieweg Eemshaven-Oost

2.5.5 VOPAK leidingstraat

Ten behoeve van de op- en overslag van vloeistoffen (olie, bluswater) is in 2012 een buisleidingstraat gerealiseerd tussen de terminal voor binnenvaartschepen in de Emmahaven en de binnendijkse opslagtanks aan de Ranselgatweg. In deze straat zijn 8 stuks stalen leidingen aangelegd, die de

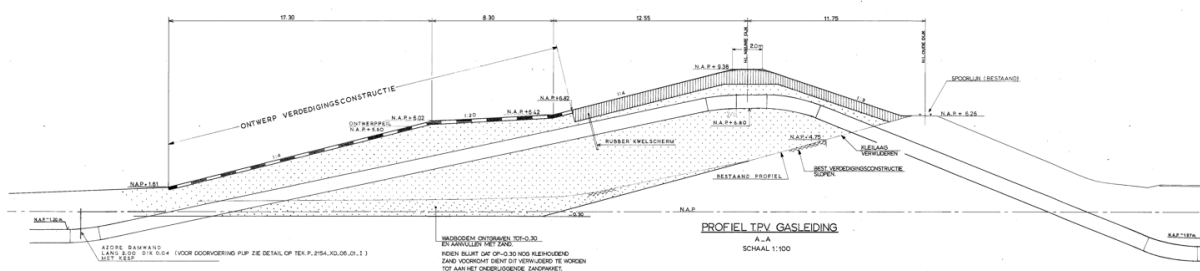
primaire waterkering kruisen aan de westzijde van Eemshaven, zie Figuur 27.



Figuur 27 Buisleidingstraat VOPAK

2.5.6 Gasleiding Noordgastransport

Het jaar van aanleg van deze leiding is 1975. Noordgastransport gebruikt de leiding om aardgas onder hoge druk aan te voeren vanaf de wingebieden op de Noordzee. Bij de kruising met de dijk ter plaatse van de Emmapolder loopt de leiding mee met het profiel van de dijk waarbij de leiding zich ca. 1,5 m onder maaiveld bevindt, zie Figuur 28. Achter de dijk bevindt zich het behandelstation van Noordgastransport, vanwaar het gas wordt gedistribueerd. De leiding is voorzien van een kwelvoorziening in de vorm van een rubberen ring om de leiding maar er is geen vervangende waterkering of andere compenserende voorziening aanwezig. De leiding is aangelegd met een wanddikte van 48 mm ter plaatse van de kruising met de kering en met een wanddikte 18,85mm voor het gedeelte buiten de kering. In 1999 zijn van binnenuit staaldiktemetingen verricht, waaruit blijkt dat nauwelijks sprake is afname van de wanddikte. Op de leiding is een systeem van kathodische bescherming aangebracht, dat jaarlijks wordt nagemeten.



Figuur 28 Positionering van de gasleiding in de Emmapolder

2.5.7 Hoogkerk waterleiding

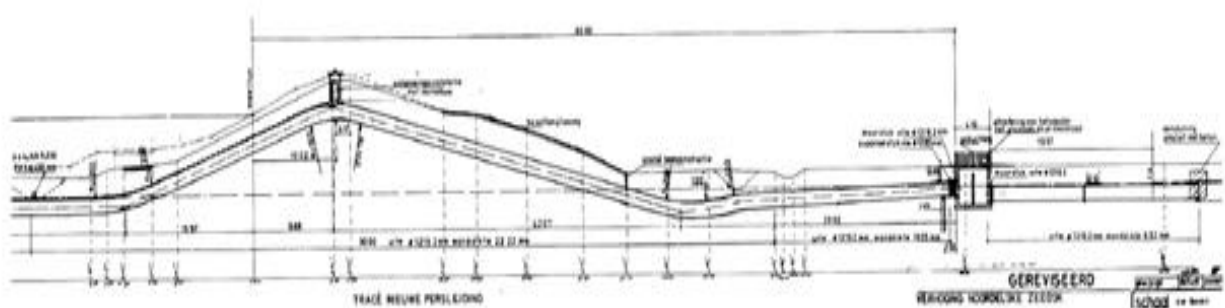
Iets ten Oosten van de klutenplas in de Noordpolder is in 1982 in de dijk een afvalwaterleiding aangelegd ter vervanging van een oudere leiding uit 1968, zie Figuur 29. Via de persleiding wordt het industrieel afvalwater (pekelwater) van de FrieslandCampina-DOMO-fabriek in Bedum geloosd op de Waddenzee. Vanuit het afvalwatergemaal in Bedum wordt het water het stelsel in gepompt. De leiding volgt het profiel van de kering. Het effluent loopt uiteindelijk over de dijk en stroomt onder vrij verval naar het uitstroomwerk, zie Figuur 30. Er is hier dus sprake van een lagedrukleiding. Het Waterschap Noorderzijlvest beheert de leiding.



Figuur 29 Locatie HOWA-leiding

De leiding is een stalen leiding met een diameter van 1180 mm en een oorspronkelijke wanddikte van 23 mm. Bij de kruising met de dijk volgt de leiding het profiel van de dijk, waarbij de leiding zich ca. 1,0 m onder maaiveld bevindt. De b.o.b. van de leiding ter plaatse van de kruin lag na de aanleg op NAP +6,11 m. Een vervangende kering/kwelscherm is niet aanwezig.

In 2020 is de leiding geïnspecteerd, waarbij de buis binnendijs ter plaatse van een appendage is vrijgegraven. In 2022 zijn enkele herstelwerkzaamheden uitgevoerd in relatie tot de kathodische bescherming. Toen is ook de wanddikte gemeten o.a. ter plaatse van de kruin. Deze bleek toen tenminste 22,5 mm te zijn.



Figuur 30 Hoogkerk waterleiding

2.5.8 Windturbines Eemshavencomplex

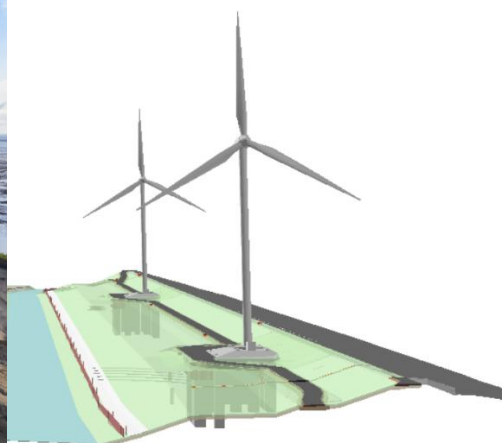
Ter plaatse van het Eemshavencomplex bevinden zich op meerdere locaties windturbines nabij de kering, zie Figuur 31. De afstand tot de binnenteen varieert van 20 m tot 30 m. Voor al deze turbines geldt dat het bouwjaar niet bekend is en er is geen ontwerp-informatie beschikbaar. Voor wat betreft de afmetingen van de windturbines is op basis van het veldbezoek aangenomen dat alle windturbines ongeveer dezelfde masthoogte/rotordiameter hebben en zijn gefundeerd op een paalfundering. Aangenomen is dat de turbines qua afmetingen en specificaties gelijkwaardig zijn aan het type Lagerwey L100. Algemeen is gesteld dat vanwege de afstand tot de binnenteen geen sprake is van invloed op de directe faalmechanismen. Voor de bovengrondse effecten speelt dat het afvallen van de rotorbladen schade kan ontstaan aan de kruin of de taluds. Uitgaande van de beschikbaarheid van noodoplossingen en snel herstel zal dit een verwaarloosbare faalkansbijdrage opleveren.



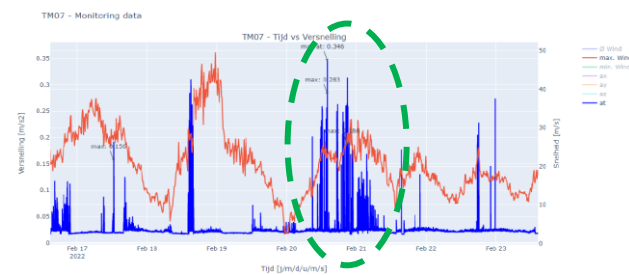
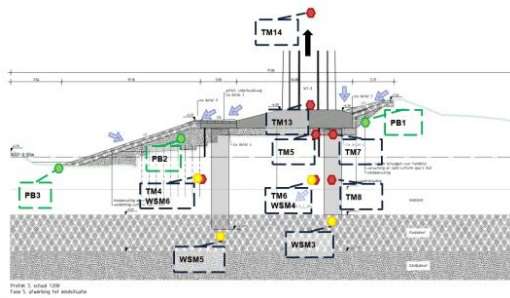
Figuur 31 Windturbines ter plaatse van het Eemshavencomplex

2.5.9 Windpark Oostpolderdijk

Op de Oostpolderdijk zijn drie windturbines geplaatst op de nieuwe steunberm. Deze zijn gefundeerd op staal in tegenstelling tot de overige windturbines. Onder de fundatieplaat bevinden zich 'panelen' die op basis van de cutter-soil-mix methodiek zijn aangebracht. Deze hebben echter geen directe verbinding met de plaat en kunnen dus ook geen trekkracht opnemen. De werkzaamheden voor het aanbrengen van de fundatie zijn gecombineerd met de versterking van de Oostpolderdijk, zie Figuur 32. Bij windturbines speelt nog een grote onzekerheid over het potentiële effect van trilling van windturbines die via de fundering worden getransporteerd naar de ondergrond. Over het ontwerp is uitvoerig overleg gevoerd met het Expertise Netwerk Waterveiligheid. Een essentieel uitgangspunt bij het ontwerp was dat de bijdrage aan de faalkans per windturbine beperkt zou worden tot maximaal 1% per turbine. Mede gelet op de onzekerheid in relatie tot de trillingen zijn bij elke windturbine meerdere typen sensoren geplaatst, zowel op als onder de fundatieplaat en in dan wel direct naast de CSM-panelen, zie Figuur 33. In februari 2022 heeft zich de weersituatie voorgedaan waarbij sprake was van drie stormen kort na elkaar. Uit de metingen is naar voren gekomen dat juist niet tijdens de zwaarste maar tijdens de derde en lichtste storm sprake was van de meeste trillingen, zie Figuur 33. Uit de analyse van data verkregen gedurende stormtrio februari 2022 is gebleken dat de opgetreden trilling in de ondergrond minder waren dan was gesteld als criterium. Op basis hiervan is geconcludeerd dat het ontwerp van (de fundering van) de windturbines inderdaad veilig is.



Figuur 32 fundatie windturbines Oostpolderdijk



Figuur 3-28: WT3 – TM07 (Tussen de zeezijde CSM-paneel en het funderingsblok) – Monitoringsresultaten stormperiode

Figuur 33 Sensoren ter plaatse van zuidelijkste windturbine & registratie trillingen tijdens drielingsstorm 2022

2.6 LBO1 in relatie tot de oude kleidijk

Ten tijde van LBO1 was nog niet de faalpadenmethodiek van toepassing. Het eventueel in het profiel aanwezig zijn van een voormalige uit klei bestaande zeedijk was daardoor niet bepalend voor de faalkans van de kering. De focus van het geotechnisch onderzoek lag daardoor ook op boringen en sonderingen ter plaatse van de kruin en de binnenteen. Daarnaast zijn aanvullende handboringen uitgevoerd echter ten behoeve van het bepalen van de laagdikte van gras-kleideklaag. Naar verwachting heeft de oude kleidijk wel zo z'n waarde in de vorm van reststerkte van de kering. Om de reductie van de faalkans van het traject goed te kunnen bepalen zal nader onderzoek moeten worden gedaan naar het daadwerkelijke profiel en de materiaalkenmerken van de oude kleidijk.

2.7 Zoetwateruitstroom vanuit de kering richting de kwelders

Op meerdere locaties van het westelijk deel van het traject is sprake van geconcentreerde zeewaarts uittreidend water vanuit de kering, zie Figuur 34. Dit betreffen de keringen die bescherming bieden aan de Westpolder, de Julianapolder en de Negenboerenpolder. Uit veldonderzoek is gebleken dat dit zoetwater is en dat het niveau van uitstromen hoger ligt dan het peil van de binnenteensloot. Een plausibele verklaring is dat dit regenwater is dat tijdelijk is 'opgeslagen' in het zandpakket dat tijdens de laatste versterking aan zeezijde tegen de oude kleiige zeedijk is aangebracht. Dit fenomeen onderbouwt de theoretische aanwezigheid van de oude zeedijk in het profiel. Het feit dat de uitstroom geconcentreerd plaatsvindt is toe te schrijven aan de manier waarop de petsloot is onderhouden. Deze vormt de scheiding tussen de kering en de voorliggende kwelders en heeft o.a. de functie om de schapen die op de kwelders 'gehuisvest' zijn daar te houden. Met elke getijbeweging stroomt vers zeewater door de petsloot. Dit bevat echter fijn slib dat vervolgens bezinkt. Frequent moet de sloot dan ook weer gebaggerd worden om te blijven voldoen aan diens functies. Deze kleiachtige bagger is dikwijls aan dijkzijde gedumpt op de steenbekleding. Dit heeft de weerstand tegen het uitstromen op regulier niveau verstoord. Op een bepaald moment was de uitstroomweerstand door de kleibank waarschijnlijk te groot waardoor op enkele plekken uitstroming van water plaatsvond op 'maaiVELDniveau'. Dit heeft blijkbaar weer geresulteerd in erosie van de kleibank en daarmee in een afwateringsgeul. Op deze locaties is de weerstand tegen het uitreden van water lager geworden dan in de aangrenzende delen resulterend in 'vaste' uitstroomlocaties van het zoete water. Gesteld kan worden dat dit niet schadelijk is voor de kering aangezien dit fenomeen juist kan worden beschouwd als een soort van ontlading van de kering.



Figuur 34 voorbeelden van zeewaartse uittreding zoetwater uit de kering

2.8 Voormalige uitwateringssluisjes

Uit onderzoek via Topotijdreis blijkt dat op meerdere locaties tot circa 1960 sprake was van een (uitwaterings)sluis door de kering heen, zie Figuur 35. De vraag is in hoeverre dit is terug te vinden in het profiel van de kering van voor de laatste versterking daterend uit de jaren '70 en '80 van de 20^e eeuw. De kering is hier intern dus ongetwijfeld anders van opbouw dan de vakken direct aangrenzend. Grote kans dat de kering op deze locaties sec bestaat uit zand en niet een stukje oude dijk bestaande uit (kwelder)klei bevat aan landzijde in het profiel. Ook zal de doorgang lager een gelegen 'maaiveld' hebben gehad dan de aangrenzende dijkvakken. Mogelijk is dit een verklaring voor de uitstroom op die locaties.

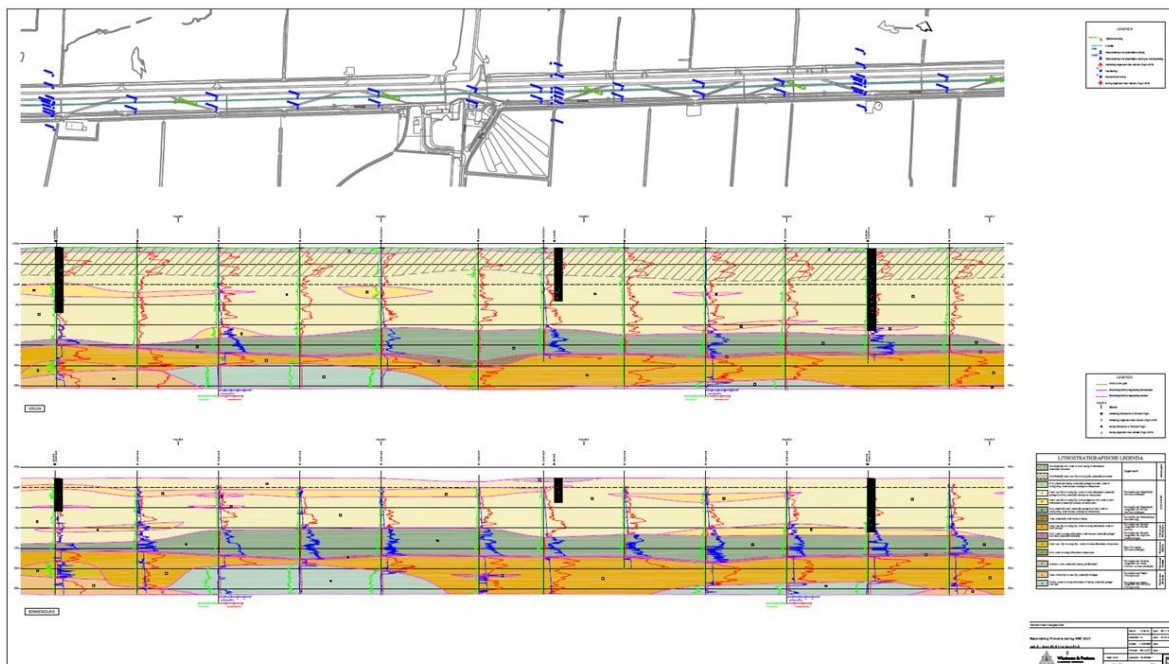


Figuur 35 locatie historische uitwateringssluis c.q. zijl

3 GEOLOGISCHE ANALYSE

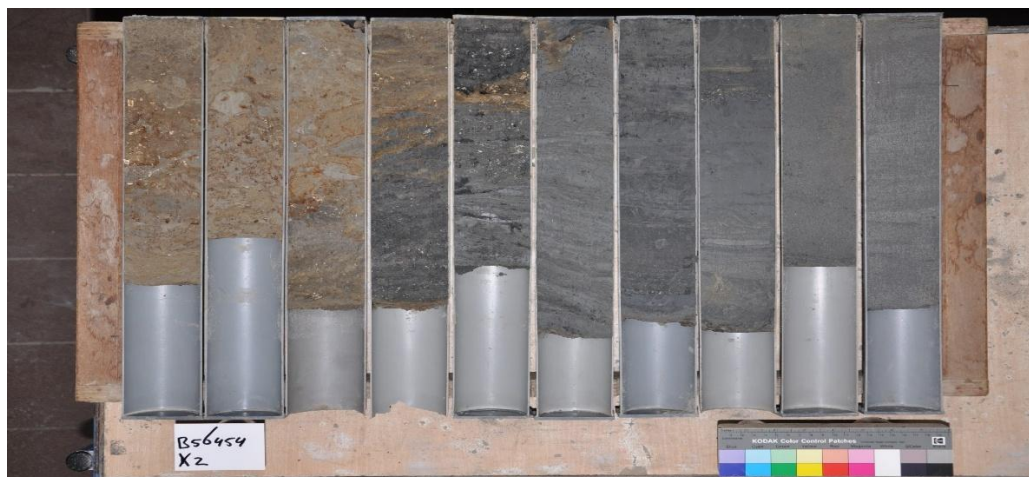
3.1 Geotechnisch lengteprofiel

In het kader van de eerste wettelijke beoordeling gerelateerd aan de nieuwe normering is uitgebreid geotechnisch onderzoek uitgevoerd om een goede indruk te krijgen van de geotechnisch opbouw van de kering en de ondergrond. Hiervoor zijn over het gehele traject, met uitzondering van de Oostpolderdijk, sonderingen uitgevoerd met een tussenafstand van 100m en boringen met een tussenafstand van 500m. Tegelijkertijd met de boringen zijn ook circa 100 peilbuizen geplaatst gericht op monitoring van de stijghoogte ter plaatse van de kruin en de binnenteen. Op basis van de sonderingen en boringen is een geotechnisch lengteprofiel opgesteld, zie Figuur 36.



Figuur 36 Geotechnisch lengteprofiel ter plaatse van het gemaal Noordpolderzijl

Uit de foto's van de boringen blijkt ook duidelijk dat de bodemopbouw direct onder kering bestaat uit fijngelaagd wadzand, zie Figuur 37.

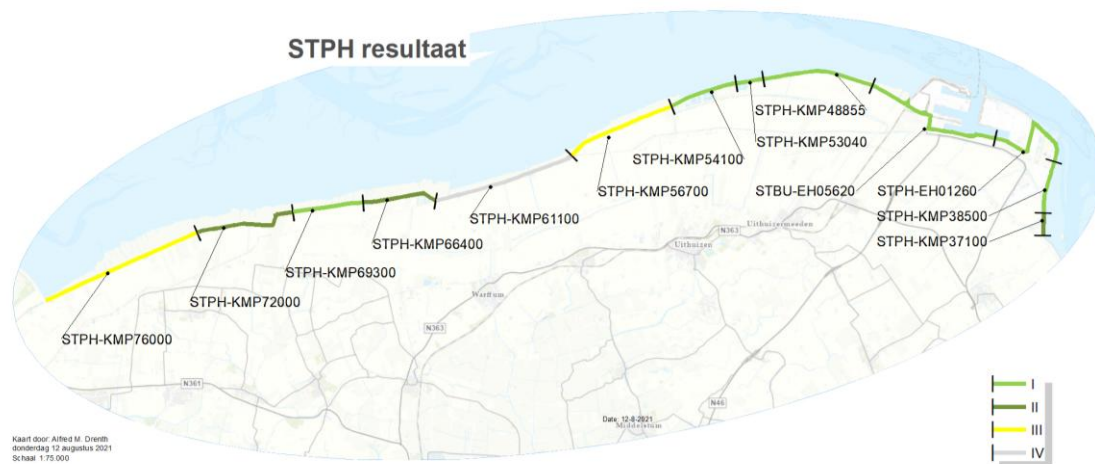


Figuur 37 Foto van boorsegment op dijkbasisniveau tpv km-paal 56 vak G

4 RESULTATEN LBO1

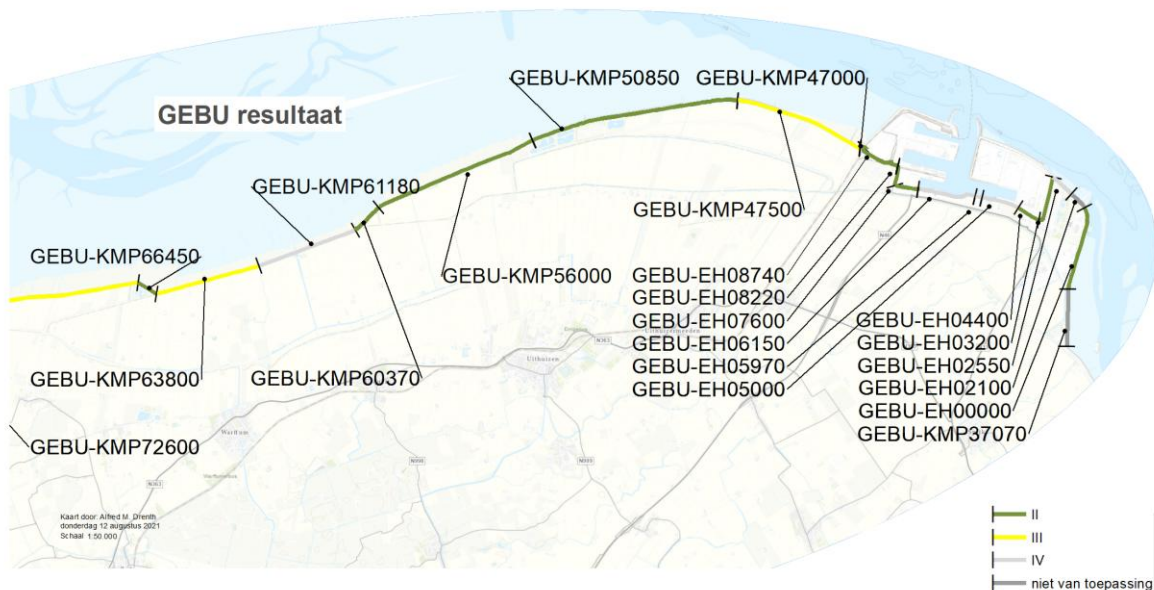
4.1 De resultaten

Uit de eerste wettelijke beoordeling is naar voren gekomen dat dijktraject 6-6 lokaal niet voldoet aan de signaleringswaarde dan wel de ondergrens op basis van de beoordelingssystematiek behorend bij deze beoordeling. Dit betreft o.a. het faalmechanisme piping (STPH). Op vakniveau scoort dit lokaal categorie IV, oftewel voldoet niet aan de ondergrens c.q. de omgevingswaarde. Op trajectniveau scoort dit faalmechanisme echter categorie III, zie Figuur 38.



Figuur 38 Resultaat faalmechanisme piping op vakniveau

De overgang asfaltbekleding-grasbekleding bevindt zich lokaal te laag. De grasbekleding bevindt zich hierdoor lokaal in de golfklapzone waardoor de grasbekleding wordt afgekeurd op het faalmechanisme erosie buitentalud (GEBU). Hiervan is met name sprake in de Eemshaven en in minder extreme mate ter plaatse van het dijkvak Noordpolder, zie Figuur 39.



Figuur 39 resultaat faalmechanisme erosie grasbekleding buitentalud op vakniveau



Figuur 42 potentiële locatie historische geul onder kering

4.3 Vervolgonderzoek asfaltbekleding

4.3.1 Analyse restlevensduur asfaltbekleding

Uit de LBO1 beoordeling is gebleken dat de asfaltbekleding theoretisch voldoet aan de technische vereisten. De leeftijd hiervan is echter ruim 40 zo niet 50 jaar. Om deze reden is uit oogpunt van zorgplicht een restlevensduuranalyse uitgevoerd op de asfaltbekleding van het gehele dijktraject 6-6. Hieruit is het navolgende uit naar voren gekomen:

- Bij de beoordeling van de asfaltbekleding van de Oostpolderdijk is sprake geweest van een menselijke fout gerelateerd aan de dikte van de asfaltlaag.
- Het hanteren van de juiste gegevens mbt de Oostpolderdijk resulteert in het afkeuren van de bekleding.
- De bekleding ter plaatse van de Eemshaven heeft een restlevensduur van minder dan 5 jaar. Dit is toe te schrijven aan het hoge percentage holle ruimte.
- De bekleding van de overige dijkvakken voldeden, verrassend genoeg, ook deels niet. Dit was mogelijk toe te schrijven aan welk model werd gehanteerd voor het bepalen van de hydraulische randvoorwaarden en het al of niet meenemen van aanwezig voorland. Dit riep echter vragen op gelet op het lage percentage holle ruimte en de kwaliteit van het bitumen.
- De fase waarin de asfaltbekleding slechts wordt belast met lage golven bleek relatief zwaar mee te tellen in de beoordeling.

Op basis van het voornoemde is besloten om een toets op maat (TOM) uit te voeren op de bekleding van de dijkvakken met een restlevensduur van minder dan 5 jaar. Hierbij is expliciet aandacht besteed aan de periode waarin de asfaltbekleding belast wordt met kleine golven. Uit de TOM is naar voren gekomen dat, met uitzondering van de kering ter plaatse van de Eemshaven, al de dijkvakken voldoen aan de wettelijke vereisten. Bij de Oostpolderdijk speelt de complicatie van de aanwezigheid van een uitbijter in de boorkernen. Als die echter buiten beschouwing wordt gelaten voldoet de bekleding aan de vereisten. Gelet op het voornoemde is vervolgens voor de Oostpolderdijk besloten een afzonderlijke nadere analyse uit te voeren naar of slechts sprake is van 1 zwakke locatie of van meerdere.

4.3.2 Nadere analyse asfaltbekleding Oostpolderdijk

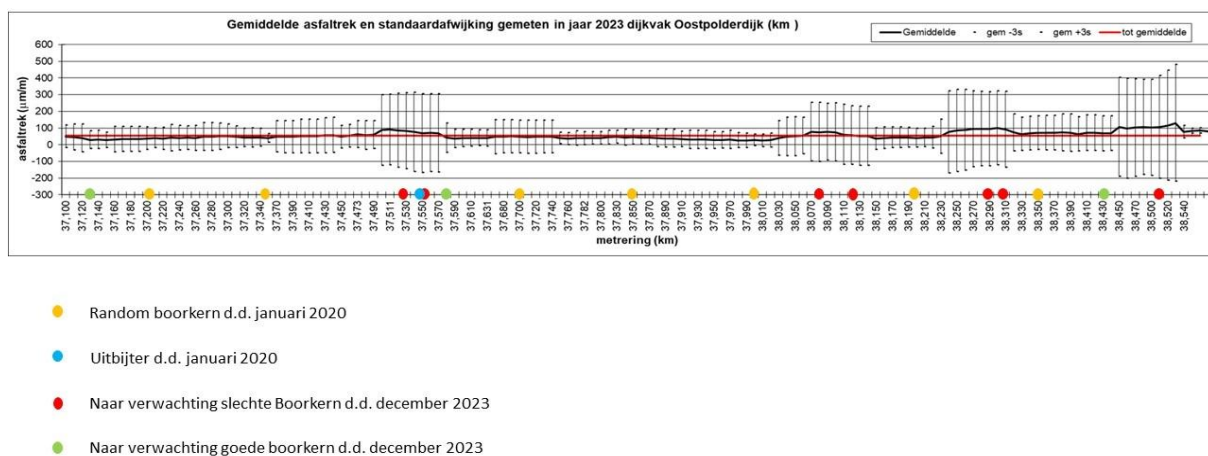
Om nader inzicht te krijgen in de kwaliteit van de asfaltbekleding van de Oostpolderdijk is in 2023 gedetailleerd veldonderzoek uitgevoerd waarbij o.a. valgewicht deflectiometingen zijn uitgevoerd met een tussenafstand van 10m in plaats van de reguliere 50m. Daaruit is gebleken dat op meerdere locaties sprake is van asfaltbekleding met relatief hoge rek wat duidt op een slechte kwaliteit. Op basis van de resultaten van de VGD-metingen zijn selectief 7 boorkernen ingewonnen op locaties met hogere rek, 2 boorkernen aangrenzend aan een locatie met hogere rek en 1 op een locatie met

relatief lage rek, Figuur 43. De verkregen data zijn vervolgens op meerdere manieren geanalyseerd. De algehele conclusie was dat de asfaltbekleding in de Eemshaven in feite niet meer voldoet aan de wettelijke vereisten en dat de asfaltbekleding van Oostpolderdijk nu nog voldoet maar over uiterlijk 10 jaar teveel zwakke plekken heeft en dan uit oogpunt van waterveiligheid eigenlijk 'op' is. Om een indicatie van het effect van de nieuwe kennis op het veiligheidsoordeel voor dijktraject 6-6 te verkrijgen zijn in Riskeer de scores voor de dijkvakken havenkom en Oostpolderdijk handmatig overschreven. Dit resulteerde in een wijziging van het veiligheidsoordeel van categorie C naar categorie D. De hiervoor beschreven werkwijze en resultaten zijn besproken met het Hoogwaterbeschermingsprogramma en de Inspectie Leefomgeving en Transport. Ook zijn deze voorgelegd aan het Adviesteam Dijkontwerp. In de review memo stelt het Adviesteam onder andere het navolgende:

"Het Adviesteam is positief over de door het waterschap uitgevoerde nadere analyses en beveelt aan om:

1. Te starten met de voorbereiding van verbetermaatregelen en/of vervanging van de asfaltbekleding voor de Eemshaven.
2. Zich alvast te oriënteren op de werkzaamheden voor de Oostpolderdijk. De sterkte van de asfaltbekleding op de Oostpolderdijk kan men middels monitoring van de buigtreksterkte nauwgezet volgen. Zij dient te worden aangepakt zodra duidelijk wordt dat de vervanging van het asfalt onvermijdelijk is binnen de besteltijd van de versterking.
3. De analyses ook uit te voeren voor de rest van dijktraject 6-6 en de resultaten te betrekken in de nog op te stellen trajectvisie."

Aanvullend kan worden gesteld dat de resultaten van de voorjaarsinspectie 2025 de slechte staat van de asfaltbekleding in de Eemshaven fysiek onderbouwen. Hierbij zijn meerdere nieuwe scheuren ontdekt waarbij (tenminste) één reikte tot volledig door de asfaltlaag heen, Figuur 44.



Figuur 43 resultaten VGD metingen tussenafstand 10m en locaties boorkeren Oostpolderdijk



Figuur 44 Verscheurde asfaltbekleding ter plaatse van de Eemshaven (maart 2025)

5 OPGAVE EN ONTWIKKELBEHOEFTE GESPREKKEN

5.1 Inleiding

In 2023 is de Kamer geïnformeerd over de uitkomsten van de LBO1 en is er een vertaling gemaakt vanuit de beoordelingsresultaten naar een inschatting van het aantal te versterken kilometers en de bijbehorende kosteninschatting. Deze globale kosteninschatting (GKI) had een grote onzekerheidsmarge, voornamelijk voor de versterkingen die nog niet geprogrammeerd staan. Om de juiste keuzes te maken rondom de strategie van de versterkingsopgave was het belangrijk deze onzekerheidsmarge te verkleinen door de opgave in kilometers (en bijbehorende kosten) scherper in beeld te krijgen. Vanuit deze invalshoek zijn de zogenoemde Opgave en Ontwikkelbehoefte Gesprekken (OOG) gevoerd.

5.2 Doel van het project OOG

Doel van het project was om inzichten te krijgen die vervolgens konden worden gebruikt om de juiste strategische keuzes te maken. Hierbij ging het om:

1. het zo goed mogelijk aanscherpen van de versterkingsopgave ten behoeve van financiering en programmering in aanloop naar herijking van financiële afspraken;
2. input genereren voor verdere kennis- en instrumentontwikkeling.

Het project was onderdeel van het parapluplan 'Toekomstgericht HWBP' van de alliantie HWBP.

5.3 Aanpak

In de Opgave en Ontwikkelbehoeftegesprekken is in gesprekken met de waterschappen en externe specialisten duiding gegeven aan de LBO1- en GKI- resultaten. Tijdens de GKI is er op basis van een aantal uitgangspunten in zeer korte tijd een eerste duiding gegeven aan de LBO1 resultaten. Het betrekken van externe specialisten maakte een extra technisch-inhoudelijke duiding mogelijk en zorgt voor meer uniformiteit. Hierbij stond het resultaat van de beoordeling niet ter discussie maar werd een vertaling gemaakt van de beoordeling naar de veiligheidsopgave in 2050 waarbij rekening werd gehouden met autonome ontwikkelingen.

In de gesprekken stond de kering c.q. de fysieke werkelijkheid centraal en daarom is elk traject afzonderlijk beschouwd.

5.4 Resultaten gerelateerd aan dijktraject 6-6

5.4.1 Korte beschrijving fysieke kenmerken kering en omgeving

In eerste instantie is ingegaan op fysieke kenmerken van de kering en de directe omgeving. In dit kader is o.a. het navolgende gesteld: "De oorspronkelijke dijk is opgebouwd uit materiaal dat werd gehaald uit de aangrenzende kwelders of klei uit het achterland. Doordat de dijk geplaatst is in een gebied waar voorheen kwelderlandschap was, wordt de ondergrond op veel plaatsen gekenmerkt door getijdenzand, maar zijn er op verschillende plaatsen ook aanwijzingen voor een grondsamenstelling die het gevolg is van een langdurig aanwezige kreek of geul. Later (jaren '70 / '80) is de dijk zeewaarts versterkt met zeezand en voorzien van diverse soorten steenbekleding, asfalt en een kleilaag met grasbekleding.

5.4.2 Kans op falen gerelateerd aan asfaltbekleding, piping en macrostabiliteit

Nu, 40 tot 50 jaar na aanleg van de versterkte dijk, bevindt de asfaltbekleding zich aan het einde van de levensduur en moet naar verwachting de komende 5 tot 10 jaar lokaal al worden vervangen door

asfalt dan wel een ander type harde bekleding.”

“Geotechnisch gezien ligt er een lang voorland, maar is er ook een (relatief diepe) petsloot voor de dijk aanwezig, zijn er veel greppels loodrecht op de dijk in de kwelder te vinden en zijn er ook een aantal locaties waar opgeheven oude uitwateringssluizen voor een afwijkende grondopbouw zorgen. Gecombineerd met onzekerheid over de ligging van oude geulen onder de dijk kan daarmee het optreden van piping niet geheel uitgesloten worden. Dit zorgt er wel voor dat piping waarschijnlijk alleen lokaal zou kunnen optreden.” Bij de experts die hebben deelgenomen aan de gesprekken speelde de verwachting dat over het algemeen met nader onderzoek en toepassing van laatste inzichten op het gebied van piping in getijdenzand kan worden onderbouwd dat er geen piping-opgave zal zijn.

Voor wat betreft het faalmechanisme macrostabiliteit werd het navolgende gesteld: “Analyse van de kans op macrostabiliteit geeft aan dat, zelfs als nog geen rekening is gehouden met het gemixte karakter van het dijkmateriaal, de kans op het optreden van macro-instabiliteit klein is. De verwachting is dat, als wordt rekening gehouden met “transitional soils” dit beeld positiever wordt en ook de kans op overstroming door macro-instabiliteit voldoende klein is. Ook het in rekening brengen van de oude kleikern in de dijk heeft een positief (verlagend) effect op de berekende faalkans.”

5.4.3 Conclusies

Uit de verkregen informatie, de gevoerde gesprekken en de nadere analyse is door de externen geconcludeerd dat de dijkversterkingsopgave met betrekking tot dijktraject 6-6 een lengte betreft van 12 tot 40,1 km. Hierbij werd aangegeven dat lengte van 40,1 km. Dit met de verwachting dat dit eerder 40,1 km dan 12 km betreft gelet op de kwaliteit van de asfaltbekleding.

6 AFSTUDEERONDERZOEK VAN SYTZE VEENLAND OVER PIPING IRT GRONINGSE ONDERGROND

6.1 Inleiding

Een bekend fenomeen van wadzand is de gelaagde opbouw, zie Figuur 45. Dit heeft zo z'n effect op de doorlatendheid van de bodem en de mogelijkheid van het bewegen van de zandkorrels binnen de grondlaag en daarmee op het aspect piping. Door Deltares is hiernaar uitgebreid onderzoek uitgevoerd o.a. in het laboratorium maar ook in het veld. Op basis hiervan is bepaald dat een veiligheidsfactor 1,4 mag worden toegepast in de berekeningen indien sprake is van wadzand onder de kering. Dit onderzoek was echter wel gebaseerd op het Zeeuwse wadzand. Sytze Veenland heeft zich in zijn afstudeeronderzoek gericht op verdere modellering en daarmee ook berekeningen uitgevoerd met het Groningse wadzand wat zich bevindt onder dijktraject 6-6. Hierbij heeft hij het eerder door Deltares ontwikkelde rekenmodel nader beschouwd en onderzocht welke veiligheidsfactor eventueel toepasbaar is voor de Groningse zeekeringen aangrenzend aan de Waddenzee. In het afstudeeronderzoek is de gevoeligheid voor piping onderzocht voor een dijkvak ter plaatse van het gemaal Noordpolderzijl en voor een dijkvak in de Linthorst-Homanpolder, zie Figuur 46. De resultaten van LBO1 suggereren dat er een serieuze kans van optreden op piping bestaat in de Noordpolder (locatie B) maar niet in de Linthorst-Homanpolder (locatie A).



Figuur 45 Voorbeelden van gelaagde opbouw van Groninger wadzand



Figuur 46 Onderzoeklocaties effect wadzand op piping

6.2 Onderzoekresultaten

Uit het afstudeeronderzoek is gebleken dat op basis van de modellering voor beide locaties een veiligheidsfactor van 1,5 toepassing zou zijn. Als deze in rekening worden gebracht voldoet ook het dijkvak ter plaatse van het gemaal aan de vereisten.

