


# **POVM Beter benutten actuele sterkte KIJK**

Activiteit 5 – deel Historische gegevens  
Definitief

**POV**



MACRO  
STABILITEIT

## Samenvatting

In het kader van de POVM (Project overstijgende verkenning macrostabiliteit) is onderzoek gedaan naar historische gegevens van de Oostelijke Hollandse IJsseldijk tussen Krimpen aan den IJssel en Gouda. Er is gezocht naar hoge belastingen die de dijk eerder bewezen heeft te kunnen weerstaan. Door de hoge belastingen op de dijk na te rekenen kunnen onzekerheden in de huidige schematisering worden gereduceerd. Combinaties van ongunstige parameters waarmee in de huidige schematisering rekening wordt gehouden, maar die bij de historische belasting zouden hebben moeten leiden tot falen, kunnen worden uitgesloten. Daarmee kan de betrouwbaarheidsberekening van de dijk worden bijgewerkt (bekend als bewezen sterkte en als 'updated reliability analyses').


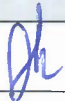
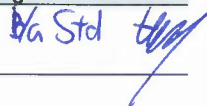
Het onderzoek heeft zich vooral gericht op de stormvloed van 1953, extreme neerslag en zware transporten over de kruin van de dijk. Na kort onderzoek bleek dat van de dijk in 1916 niet voldoende bekend was om deze situatie betrouwbaar genoeg na te rekenen en dat de maximale waterstand ca. 0,4 m lager was dan in 1953. De historische gegevens zijn digitaal verzameld en de bestanden worden met het rapport meegeleverd. Dit rapport bevat de samenvatting van de gegevens.

De gegevensverzameling heeft zich gericht op vier geselecteerde profielen die in het kader van het POVM onderzoek nader zullen worden onderzocht. Echter voor zover mogelijk zijn de gegevens dijk-dekkend vastgelegd vooruitlopende op een evt. bewezen sterkte onderzoek voor dijkversterking KIJK (Krachtige IJsseldijken Krimpenerwaard). Voor drie van de vier geselecteerde profielen wordt verwacht dat de verzamelde gegevens voldoende zijn om een bewezen sterkte-analyse uit te voeren. Bij één profiel blijkt een constructie aanwezig, waarover momenteel nog onvoldoende bekend is.

Activiteit 5 waaronder deze werkzaamheden vallen bevat tevens het beschrijven van de werkwijze van de 'updated reliability analyses', echter dit is separaat gerapporteerd.

## Referentie

1220518-005-GEO-0004

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
2	augustus 2016	Andre van Hoven		Arno Rozing		Leo Voogt	

**Status**  
definitief

<b>1. Inleiding</b> .....	4
<b>2. Achtergrond gegevensverzameling voor bewezen sterkte analyse uit TRAS</b> .....	6
2.1 Minimaal benodigde gegevens .....	6
2.2 Omgaan met onzekerheden over overige gegevens.....	7
2.3 Praktische uitwerking .....	7
<b>3. Indeling historische gegevens</b> .....	10
<b>4. Hydraulische omstandigheden</b> .....	11
4.1 Maximale waterstand en verloop 1953.....	11
4.2 Huidige toets en ontwerppeilen.....	13
4.3 Normaal getij 1953 .....	13
4.4 Normaal getij huidig .....	13
4.5 Polderpeilen 1953 .....	14
4.6 Huidige polderpeilen .....	15
4.7 Neerslaggegevens.....	15
4.8 Consolidatie.....	16
<b>5. Overige belastingen</b> .....	17
5.1 Verkeersbelasting.....	17
5.2 Specifieke vergunningen zwaar verkeer .....	17
5.3 Ijsbelasting.....	17
5.4 Zandzakken tijdens 1953 .....	18
<b>6. Geometrie</b> .....	19
6.1 Dwarsprofielen 1953 .....	19
6.2 Ontwikkeling dwarsprofielen 1953 – heden .....	24
6.3 Gegevens autonome bodemdaling .....	26
6.4 Ontgraving, slootverlegging, ophogingen.....	29
6.5 Gegevens slootbodemdpte .....	30
6.6 Kruiverbreding sinds 1953 .....	30
6.7 Kruinhoogte sinds 1953 .....	30
6.8 Baggerwerkzaamheden .....	30
6.9 Dijkreconstructie nav 1953 .....	33
6.10 Latere dijkreconstructies .....	34

6.11	Bebouwing, keermuren, damwanden (grote) leidingen.....	34
7	Grondlaagopbouw en laageigenschappen.....	40
7.1	Achterland.....	40
7.2	Dijk.....	40
7.3	Voorland .....	40
8	Schadebeelden.....	41
9	Conclusies.....	42
9.1	Hoogwater 1953.....	42
9.2	Extreme neerslag.....	43
9.3	Verkeersbelasting.....	43
10	Referenties.....	44
	<b>Bijlage A</b> .....	45
	Topotijdreisprofiel 26.275 .....	45
	<b>Bijlage B</b> .....	50
	Topotijdreis profiel 33.462 .....	50
	<b>Bijlage C</b> .....	55
	Topotijdreis profiel 36.951 .....	55
	<b>Bijlage D</b> .....	60
	Topotijdreis profiel 40.55 .....	60
	<b>Bijlage E</b> .....	65
	Grove schatting overloop- en golfoverslagdebiet tijdens hoogwater 1953 .....	65

## 1. Inleiding

In het kader van de POVM - Beter benutten actuele sterkte (POVM: Project Overstijgende Verkenning Macro stabiliteit) is onderzoek gedaan naar historische gegevens van de Hollandse IJsseldijk aan de kant van de Krimpenerwaard tussen Krimpen aan de IJssel en Gouda. In het kader van het dijkversterkingsproject KIJK (Krachtige IJsseldijken Krimpenerwaard) zullen een aantal dijkvakken, welke zijn afgekeurd op het mechanisme macro stabiliteit binnenwaarts, worden aangepakt (Figuur 1.1).



Figuur 1.1 IJsseldijk Krimpenerwaard Krimpen – Gouda (geel – HM aanduidingen dijkruin; rood scope KIJK oktober 2015; (5) rode sterren dwarsprofielen die als case dienen)

Parallel hieraan zal door de POVM worden gekeken of onder andere met behulp van de ‘updated reliability analyses’, ook wel ‘bewezen sterkte’, de versterkingsopgave kan worden verkleind. De doelstelling van de POVM is breder dan alleen het project KIJK. Het is de bedoeling dat de technieken die bij het referentieproject KIJK worden ontwikkeld landelijk kunnen worden toegepast.

De historische gegevens zijn nodig voor het narekenen van belastingsituaties in het verleden waarmee kan worden bewezen dat de dijk sterker is dan blijkt uit de huidige berekeningen. Het doel is om de onzekerheden in de huidige schematisering van de dijk te reduceren. In een probabilistische analyse, bijvoorbeeld met een Monte Carlo simulatie, leiden combinaties van ongunstige parameters in de schematisering tot voorspeld falen van de dijk. Indien een eerdere (historische) belasting is waargenomen waarbij deze ongunstige combinatie van parameters niet heeft geleid tot falen, dan kan deze combinatie van ongunstige parameters worden uitgesloten. Met dat gegeven kan de berekende betrouwbaarheid van de dijk worden bijgewerkt (= opgehoogd).

Omdat de binnenwaartse stabiliteit van de IJsseldijk slechts in beperkte mate afhankelijk is van de buitenwaterstand [zie ook 6] is de techniek van ‘updated reliability’ juist voor deze dijk

veelbelovend. De dijk kern bestaat namelijk uit vrij ondoorlatende klei, het freatisch vlak wordt hierdoor nauwelijks beïnvloed door de veranderingen in de buitenwaterstand en de stijghoogte in het zand verandert weliswaar, maar de invloed er van op de binnenwaartse stabiliteit is zeer klein. Binnen het kader Historische belastingen, het hoogwater van 1953, maar ook zware verkeersbelastingen op de kruin en hevige neerslag, zijn mogelijk al dicht in de buurt van de maatgevende belasting geweest. Hoe dichter de eerdere belasting de maatgevende belasting is genaderd, hoe meer combinaties van ongunstige parameters kunnen worden uitgesloten en hoe hoger de bijgewerkte betrouwbaarheid van de dijk. In het ideale geval heeft de dijk al een belasting gehad die hoger is dan de maatgevende belasting.

Het onderzoek is gericht op 4 dwarsprofielen die in het kader van het POVM onderzoek nader zullen worden onderzocht. Echter waar mogelijk zijn de benodigde gegevens voor de hele dijk verzameld vooruitlopende op een evt. bewezen sterkte onderzoek voor dijkversterking KIJK (Krachtige IJsseldijken Krimpenerwaard).

Het onderzoek naar de historische gegevens maakt onderdeel uit van activiteit 5 van POVM Beter benutten actuele sterkte. Een ander onderdeel is het opstellen van de werkwijze van de updated reliability analyse. Dit is separaat gerapporteerd.

Deze rapportage bevat een samenvatting van de benodigde historische gegevens. De achterliggende data staat in digitale bestanden die met het rapport worden meegeleverd. Dit rapport bevat nog niet de schematisering van de historische belastingen. Dat zal onderdeel zijn van het uitvoeren van de 'updated reliability analyses' (activiteit 6).

De mogelijkheid bestaat dat de bewezen sterkte uit het verleden niet leidt tot voldoende reducering van de onzekerheden en daarmee onvoldoende leidt tot het halen van de doelstelling, namelijk het onderbouwd verkleinen van de versterkingsopgave. In dat geval is het mogelijk om met een proefbelasting een waarneming toe te voegen. In de POVM Beter benutten actuele sterkte valt dit onder activiteit 7.



## 2. Achtergrond gegevensverzameling voor bewezen sterkte analyse uit TRAS

In het Technisch Rapport Actuele Sterkte van dijken (TRAS) [5] staan handreikingen bij het verzamelen van gegevens voor het uitvoeren van een bewezen sterkteanalyse. In dit hoofdstuk wordt hiervan een korte samenvatting gegeven. Dit is enerzijds ter motivatie van de aangehouden indeling van de gegevens (H3) en anderzijds als handvat bij de interpretatie van de verzamelde gegevens bij het uitvoeren van de bewezen sterkte analyses.

### 2.1 Minimaal benodigde gegevens

Indien met honderd procent zekerheid vast zou staan dat een dijk in het verleden een hoogwaterstand heeft gekeerd die hoger was en langer heeft geduurd dan het ontwerphoogwater, dat alle overige omstandigheden met betrekking tot de macrostabiliteit ongunstiger of ten minste niet gunstiger waren dan voor de huidige situatie moet worden aangenomen, en er in deze historische situatie geen voortekenen van bezwijken zoals grote vervormingen of schade zijn geconstateerd, dan kan op grond van het overleven van de historische situatie worden geconcludeerd dat de stabiliteit voldoende is.

In de praktijk zal echter nooit alle relevante informatie over de omstandigheden ten tijde van een historisch hoogwater beschikbaar zijn, laat staan dat deze honderd procent betrouwbaar is. Het gebrek aan of niet honderd procent betrouwbaar zijn van historische informatie vormt echter geen principiële belemmering voor het toepassen van 'Bewezen Sterkte'. Onzekerheden kunnen immers in meer of mindere mate worden afgedekt door het doen van veilige inschattingen. Het daarmee samenhangende effect is wel dat de succeskans van de methode 'Bewezen Sterkte' kleiner wordt naarmate er meer en grotere onzekerheden zijn die moeten worden afgedekt.

In dit verband kan met betrekking tot de historische situatie een minimale set gegevens worden gedefinieerd die absoluut noodzakelijk is om de methode 'Bewezen Sterkte' in zijn algemeenheid toe te kunnen passen. Zonder deze gegevens zullen de onzekerheden dermate groot zijn dat nooit een succesvol resultaat kan worden behaald, of eigenlijk zelfs nooit mag worden behaald. Deze minimale set gegevens bestaat uit:

- 1) Hoogte en duur (verloop in de tijd) van het opgetreden historische hoogwater. Indien deze gegevens niet precies ter plaatse van de beschouwde dijkstrekking bekend zijn, maar wel op nabij gelegen plaatsen, dan kunnen deze gegevens door middel van modelberekeningen of interpolatie worden herleid.
- 2) Geometrie van het dijkprofiel en maaiveldhoogte ter plaatse van voor- en achterland zoals aanwezig ten tijde van het opgetreden historische hoogwater. Hiervoor dient te worden beschikt over tekeningen van de historische, destijds aanwezige profielen (dit kunnen zowel originele als achteraf gereconstrueerde tekeningen zijn).
- 3) Informatie over de wijze waarop de dijk het historische hoogwater heeft gekeerd. Deze informatie zal in de regel kunnen worden teruggevonden in verslagen over de uitgevoerde inspecties tijdens en na het historisch hoogwater. Indien op grond hiervan moet worden geconcludeerd dat de dijk destijds voortekenen van bezwijken vertoonde mag de methode 'Bewezen Sterkte' niet worden toegepast.

## 2.2 Omgaan met onzekerheden over overige gegevens

De in de regel belangrijkste overige gegevens die een rol spelen bij de bepaling van de stabiliteit factor voor zowel de huidige maatgevende situatie als voor de situatie ten tijde van het historisch hoogwater betreffen achtereenvolgens:

- De laagopbouw van dijk en ondergrond.
- De grondeigenschappen per laag (volumiek gewicht en schuifsterkte-eigenschappen).
- De waterspanningen in en onder de dijk.
- De bovenbelasting op de dijk.

Al deze vier typen van gegevens zijn nooit exact bekend maar omgeven met bepaalde onzekerheden. De wijze waarop daarmee bij de bepaling van stabiliteitsfactoren voor huidige en historische situatie moet worden omgegaan verschilt. Dit hangt samen met het onderscheid dat kan worden gemaakt tussen 'systematische' onzekerheden en 'niet-systematische' onzekerheden. Niet-systematische onzekerheden moeten worden afgedekt door bij de stabiliteitsanalyse van de historische situatie uit te gaan van voor de stabiliteit gunstige schematiseringen. Dit is dus tegengesteld aan de manier waarop normaliter onzekerheden worden afgedekt in toets- of ontwerpberekeningen

Het hier beschreven principe van veilig schematiseren in zowel toetssituatie als historische belastingsituatie is in meer veralgemeniseerd weergegeven:

Onderwerp	Toets- of ontwerp-omstandigheden (Toetspeil of MHW)	Historische omstandigheden (Overleefde hoogwaters)
Belasting	Meenemen, tenzij uit te sluiten	Niet meenemen, tenzij te garanderen
Sterkte	Niet meenemen, tenzij te garanderen	Meenemen, tenzij uit te sluiten
Veilige schematisering	Pessimistische schematisering	Optimistische schematisering

Tabel 2.1 Afdekken niet-systematische onzekerheden in de toetssituatie en historische situatie

Gegevenstype	Type onzekerheid	Wijze van afdekken van onzekerheid
Laagopbouw	Systematisch	Scenario-aanpak
Laageigenschappen	Systematisch	Scenario-aanpak
Waterspanningen	Deels systematisch / deels niet-systematisch	Combinatie van scenario-aanpak en optimistische schematisering historische situatie
Bovenbelasting	Niet-systematisch	Optimistische schematisering historische situatie

Tabel 2.2 Afdekken van onzekerheden

Opgemerkt wordt dat wat betreft de waterspanningen in de reliability updating analyses wordt gewerkt aan het op probabilistisch wijze van modelleren van de waterspanningen inclusief onzekerheden.

## 2.3 Praktische uitwerking

Belangrijk aspect bij de praktische uitwerking is op het moment dat de informatie niet meer op het niveau van 'de dijk', maar op het niveau van representatieve profielen van



dijkstrekkingen met een lengte van ten hoogste enkele honderden meters moet worden verzameld. Het doel van het verzamelen van deze informatie is te kunnen beoordelen of, en zo ja in hoeverre, de situatie ten tijde van de historische hoogwaters afwijkt van de situatie die voor de huidige ontwerpsituatie moet worden aangenomen.

Indien een deel van de benodigde informatie niet beschikbaar is, of niet voldoet aan de gestelde betrouwbaarheidseis, dan dienen op die punten in de schematisering van de historische situatie veilige (*voor de stabiliteit gunstig werkende*) aannamen te worden gedaan.

Hydraulische omstandigheden:

Optredende waterspanningen bepalen in belangrijke mate de macrostabiliteit van een dijk. In de regel zullen de optredende waterspanningen ten tijde van het historisch hoogwater niet bekend zijn. Om die reden moet daarvan een inschatting worden gemaakt op basis van de wel voorhanden zijnde gegevens. Daarbij speelt niet alleen de gerealiseerde piekwaterstand een rol, maar moet rekening worden gehouden met alle van invloed zijnde hydraulische omstandigheden. Als belangrijkste kunnen worden genoemd de duur van het hoogwater of eigenlijk het verloop daarvan in de tijd, het polderpeil, neerslag en eventuele restwaterspanningen uit versterkingswerkzaamheden.

Overige belastingen:

Voor wat betreft overige, bijkomende belastingen kan worden gedacht aan belastingen door ijs, verkeer, zandzakken op of achter de dijk etc.

Geometrie:

Belangrijk aspect is uiteraard de destijds aanwezige ligging en vorm van de dijk binnen de begrenzingen van de invloed zones. Uit een vergelijking van het destijds aanwezige profiel met het huidige profiel moet worden vastgesteld of en zo ja welke geometrieveranderingen de dijk binnen het invloed gebied sinds het opgetreden hoogwater heeft ondergaan. Hierbij moet worden gedacht aan:

- Mogelijke veranderingen in het achterland door natuurlijke processen zoals klink en oxidatie, of door menselijk ingrijpen zoals ontgravingen, ophogingen en het verleggen of verdiepen van sloten.
- Mogelijke veranderingen in het voorland, waarbij in verband met eventuele ontgravingen of baggerwerkzaamheden nadrukkelijk ook moet worden gedacht aan de effecten daarvan op de intree weerstand.
- Eventuele veranderingen van de dijk zelf, wederom door zowel natuurlijke processen als door menselijke ingrepen zoals de verbreding van berm of kruin in verband met aanleg of verbreding van een weg.

Bovenstaande maakt duidelijk dat alleen een vergelijking van de historische dijkprofielen met de huidige profielen onvoldoende is. Ook eventuele veranderingen in het invloed gebied achter en voor de dijk, welke zich zelfs tot buiten de keurgrenzen kunnen uitstrekken, dienen te worden beschouwd. Bij de beoordeling van de beschikbare informatie kan uiteraard wel rekening worden gehouden met de relevantie hiervan voor het beschouwde mechanisme.

In gebieden met bebouwing in, op of kort achter de dijk is veelal sprake van veel variatie van de situatie over korte afstanden. Het is daarmee de vraag of een 'Bewezen-Sterkte'-aanpak in die gevallen wel zinvol is. Geadviseerd wordt in dergelijke situaties extra zorgvuldigheid te betrachten bij toepassing van de methode.

#### Laagopbouw en -eigenschappen:

De laagopbouw en laageigenschappen kunnen in beginsel als onveranderlijk worden opgevat. Dit houdt in dat als deze gegevens voor de huidige situatie reeds zijn vastgesteld deze voor de analyse van de historische situatie kunnen worden overgenomen. Niettemin moet wel worden nagegaan of er redenen zijn te vermoeden dat er mogelijk wel significante veranderingen zijn opgetreden. De laagopbouw zal waarschijnlijk alleen door reconstructiewerkzaamheden kunnen zijn beïnvloed. Grondeigenschappen per laag kunnen mogelijk in de tijd verbeteren maar ook verslechteren, bijvoorbeeld ten gevolge van veranderd waterbeheer, bemesting en bemaling. Met name slappe lagen zoals humeuze klei en veen kunnen met verloop van tijd een achteruitgang van sterkte-eigenschappen ondergaan ten gevolge van verdroging.

Bij de bepaling van de karakteristieke waarden van de geotechnische parameters moet rekening worden gehouden met de volgende gegevens:

- Geologische en andere achtergrondinformatie zoals gegevens uit voorgaande projecten.
- De variabiliteit in de gemeten waarden en aanvullende relevante informatie uit bijvoorbeeld bestaande kennis en ervaring.
- De omvang van het veld- en laboratoriumonderzoek.
- De omvang van de zone binnen de grondconstructie die samenhangt met het beschouwde bezwijkmechanisme.
- De mate waarin herverdeling van belastingen in de grondconstructie van 'zwakke' naar 'sterkere' gedeelten mogelijk is.

#### Schadebeelden:

Informatie uit uitgevoerde inspecties tijdens en na het opgetreden hoogwater moeten informatie geven over de wijze waarop het hoogwater destijds is gekeerd ofwel antwoord geven op de vraag of de dijk het hoogwater zonder enig voortekenen van mogelijk bezwijken heeft gekeerd dan wel of die voortekenen er wel waren. Belangrijk aandachtspunt daarbij is dat moet worden nagegaan of het mogelijk optreden van bepaalde mechanismen destijds wel is onderkend. In verband met binnenwaartse macrostabiliteit moet in dit verband worden gedacht aan het eventuele optreden van opdrijfsituaties.

### 3. Indeling historische gegevens

Op basis van de handreikingen voor gegevensverzameling in het TRAS [5] zijn de historische gegevens als volgt ingedeeld en genummerd:

- 1 **Hydraulische omstandigheden**
  - 1.1 Maximale waterstand en verloop 1953.
  - 1.2 Huidige toets- en ontwerppeilen en verloop in tijd.
  - 1.3 Normaal getij 1953.
  - 1.4 Normaal getij huidig.
  - 1.5 Polderpeilen 1953.
  - 1.6 Huidige polderpeilen.
  - 1.7 Neerslaggegevens.
  - 1.8 Consolidatie.
- 2 **Overige belastingen**
  - 2.1 Verkeersbelasting.
  - 2.2 Vergunningen speciaal transporten.
  - 2.3 Ijsbelasting.
  - 2.4 Zandzakken tijdens 1953.
- 3 **Geometrie**
  - 3.1 Dwarsprofiel 1953.
  - 3.2 Ontwikkeling profiel 1953 – huidig.
  - 3.3 Gegevens autonome bodemdaling.
  - 3.4 Ontgravingen, slootverleggingen, ophogingen.
  - 3.5 Gegevens slootbodemdiepte.
  - 3.6 Kruinverbreding sinds 1953.
  - 3.7 Kruinverhoging/ daling sinds 1953.
  - 3.8 Baggerwerkzaamheden.
  - 3.9 Reconstructie n.a.v. 1953.
  - 3.10 Latere reconstructies.
  - 3.11 Bebouwing keermuren, damwanden, (grote) leidingen.
- 4 **Laagopbouw en eigenschappen**
  - 4.1 Achterland (wordt onderzocht activiteit 3).
  - 4.2 Dijk (wordt onderzocht activiteit 3).
  - 4.3 Voorland.
- 5 **Schadebeelden**
  - 5.1 Schade als gevolg 1953.
  - 5.2 Waterstand binnendijs als gevolg van overslag en doorbraak.
  - 5.3 Informatie uit recente inspecties hoogwater.
  - 5.4 Informatie uit reguliere inspecties.
  - 5.5 Informatie uit onderhoudswerkzaamheden.

Bij het opslaan van de bestanden met relevante informatie is deze indeling aangehouden, evenals in de navolgende samenvatting van de gegevens.

De gegevensverzameling is hoofdzakelijk gericht op vier profielen, echter voor zover mogelijk zijn de gegevens dijk-dekkend verzameld:

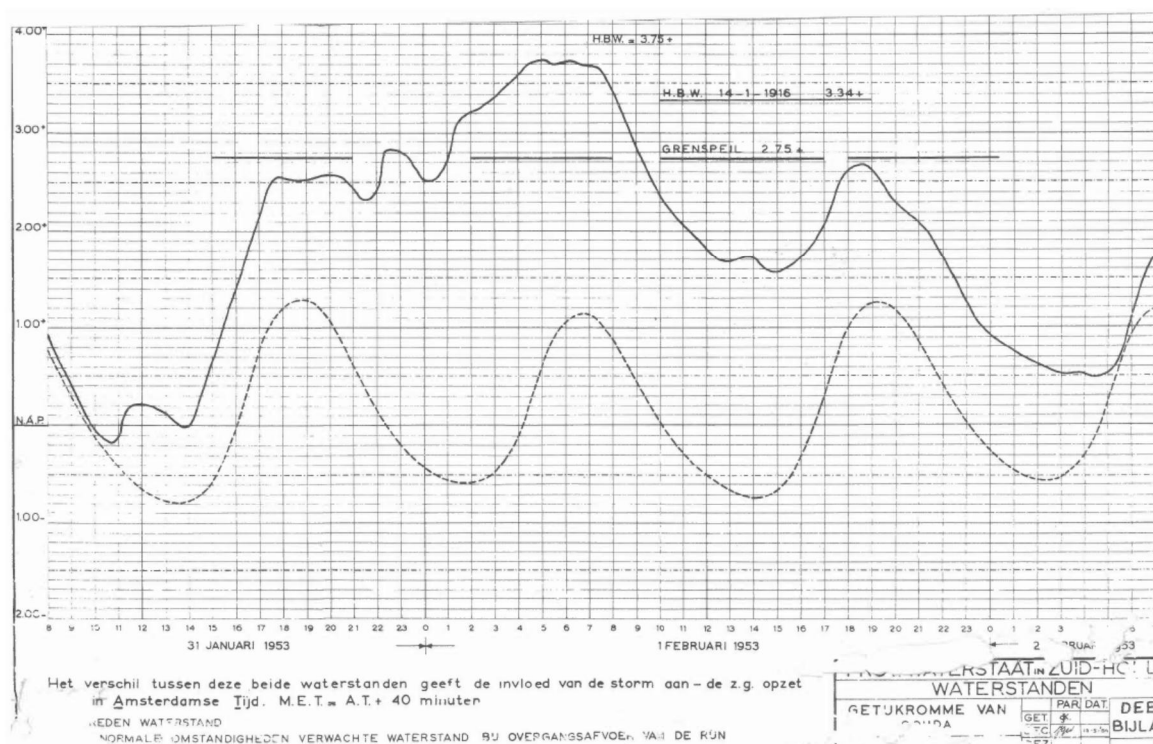
- 26.275 (Peilgebied Krimpen).
- 33.462 (Peilgebied De Nesse).
- 36.951 (Peilgebied Kattendijksblok en Achterbroek).
- 40.55 (Peilgebied Stolwijk en Berkenwoude).

## 4 Hydraulische omstandigheden

### 4.1 Maximale waterstand en verloop 1953

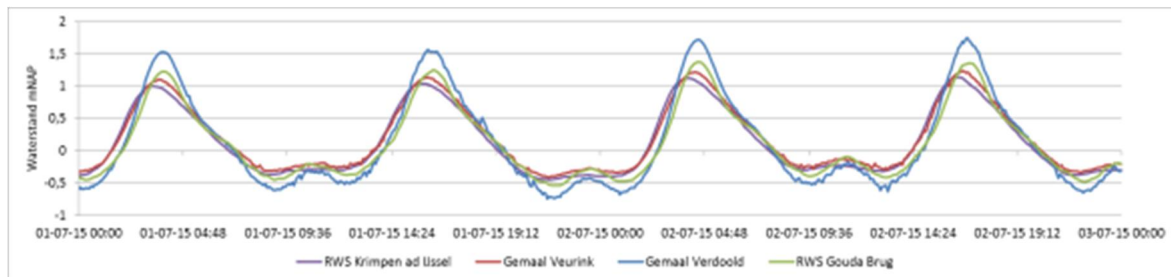
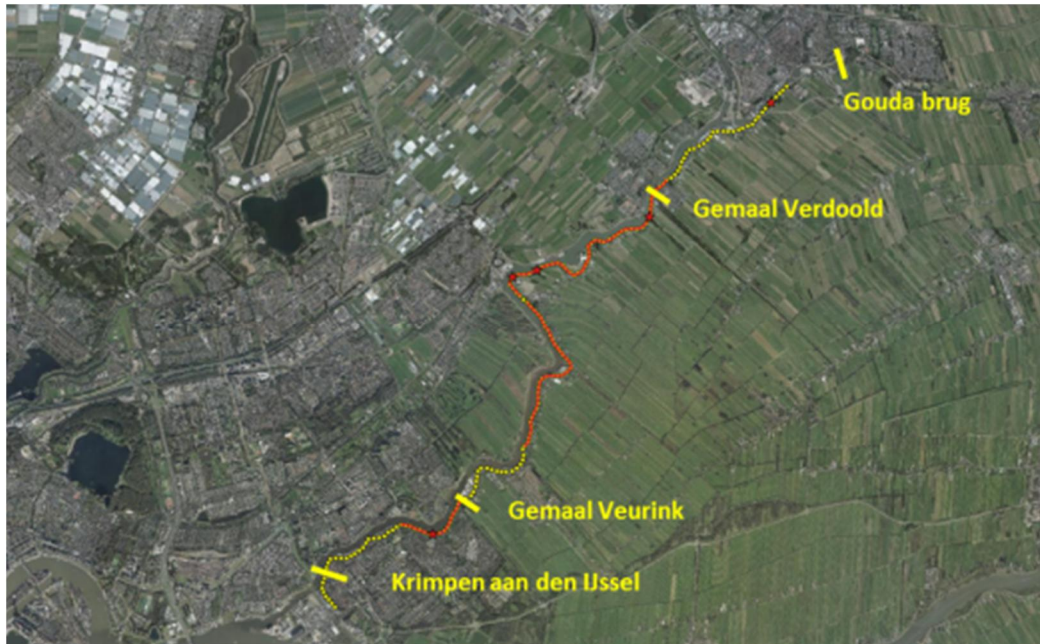
De maximale waterstand en het verloop hiervan bij Gouda is bekend (hoogste waterstand ca. NAP +3,75 m). Ook het getij onder normale omstandigheden is in de afbeelding opgenomen (Figuur 4.1).

Het bestand betreft een pdf. Er is geen digitale tijdreeks van de waterstand beschikbaar. Voor eventuele tijdsafhankelijke berekeningen gedurende het hoogwater zou deze tijdreeks nog moeten worden gemaakt op basis van de pdf.



Figuur 4.1 Waterstand en getij tijdens stormvloed 1953 bij locatie Gouda

De hoogste waterstand tijdens de stormvloed van 1953 en het verloop zal langs de IJssel tussen Gouda en Krimpen enigszins hebben gevarieerd, evenals het normaal getij dat doet (Figuur 4.2).



Figuur 4.2 Verloop normaal getij juli 2015 bij verschillende meetstations langs de IJssel

Uit Het verslag van de stormvloed van 1953 bladzijde 69 [2] volgt de onderstaande tabel over de hoogste waterstanden tijdens de stormvloed.

69

Waarschuwingpunt	Gem. H.W. 1941- 1950	Astr. H.W. volgens getijtafel	Grens- peil	Storm- vloed 1953	Aard der waar- neming	Hoogste waterstand zonder 1953	Hoogte	Stormvloed 1953 hoger dan			
	1	2	3	4	5	6	7	Hoogst bekende stand	Grens- peil	Astr. hoogte „opzet”	Gem. H.W.
<b>Hollandse IJssel</b>											
Haastrecht	130	121	275	378	B	1916	330	48	103	257	248
Gouda	126	115	275	375	p A	1916	334	41	100	260	249
Krimpen a/d IJssel	116	106	260	372	r D	1894	301	71	112	266	256

- A = geregistreerde stand met inachtneming van p, q
  - B = visuele waarneming
  - C = uit vloedmerk bepaald
  - D = afgeleid uit diagram, fig. 2.22
  - p = registratie volledig
  - q = top afgesneden, overigens volledig
  - r = registratie gestoord
  - s = instrument geheel of gedeeltelijk vernield
  - n = hoogste stand 1953 lager dan kolom 7
- De stations met peilschrijver zijn cursief gedrukt



Met behulp van bestaande kennis van het watersysteem, kan naar verwachting een nauwkeurige schatting van het waterstandverloop uit 1953 worden gereconstrueerd op iedere willekeurige locatie langs de dijk.

Bij de meegeleverde bestanden is eveneens een bij RWS opgevraagde waterstandreeks van Dordrecht toegevoegd tijdens de stormvloed van 1953, echter deze tijdreeks is vrij rudimentair (lange periode tussen meetpunten).

### **Overslag/ overloop**

Een witte vlek zijn de tijdens de stormvloed optredende golven en golfoverslag. Bekend is dat de dijk op grote schaal te maken heeft gehad met golfoverslag en zelfs overloop. Op welke locaties dit precies is geweest en in welke hoeveelheid het water over de dijk sloeg is nog niet precies in kaart gebracht. Een bron van informatie hiervoor is het boek Mensen in een Waard vol Wind en Water [1], de schadebeelden na 1953 (Hoofdstuk 8 in dit rapport) en bladzijde 419 en verder uit [2]. Het al dan niet optreden van golfoverslag en of overloop is van belang bij het schematiseren van de waterspanningen in de dijk in de situatie van 1953. Bij een 'bewezen sterkte analyse' zou een veilige benadering zijn om niet uit gegaan van enige overslag.

Een korte en grofstoffelijke analyse laat zien dat voor drie van de vier geselecteerde profielen golfoverslag waarschijnlijk is opgetreden (Bijlage E). Een grove schatting laat zien dat het overslagdebiet tijdens de piek van de storm in de orde van 1 à 10 l/s/m is geweest voor drie van de vier geselecteerde profielen. Gedurende enkele uren rondom de piek van de storm zal in enige mate sprake zijn geweest van golfoverslag. Bij het profiel 40.55 was de kruinhoogte lager dan de waterstand en is zelfs overloop opgetreden, waarbij het overloopdebiet, grof geschat, in de orde van 50 l/s/m was.

In het kader van de 'bewezen sterkte' analyse wordt aanbevolen om na te gaan in hoeverre overslag van belang is door scenario's waarbij de stabiliteit van de dijk met en zonder overslag wordt nagerekend. Indien het van belang is, dan zou de grofstoffelijke schatting (Bijlage E) nader moeten worden uitgewerkt.

## **4.2 Huidige toets en ontwerppeilen**

De huidige toets- en ontwerppeilen staan in de rapportage van Royal Haskoning en DHV, zie bijgeleverde bestanden (Dijkversterking KJK - Hydraulische belastingen, final 3, 29 maart 2016).

Uit de Hydra-BS berekeningen blijkt dat de dijk over grote delen onvoldoende hoog is uitgaande van een belastingniveau van 0,1 – 1 en zelfs 10 l/s/m.

Over de waterstandverlooptlijn is een voorlopig advies uitgebracht (zie map 1.2, Memo met kenmerk 1230090-009-GEO-0001 d.d. 14 maart 2016).

## **4.3 Normaal getij 1953**

Zie paragraaf 4.1, Figuur 4.1.

## **4.4 Normaal getij huidig**

Zie paragraaf 4.1, Figuur 4.2.

Rijkswaterstaat voert metingen uit bij Gouda Brug en Krimpen aan den IJssel: <http://www.rijkswaterstaat.nl/kaarten/waterstand-tov-nap.aspx>  
HHSK voert metingen uit bij gemeal Veurink en Verdoold.



## 4.5 Polderpeilen 1953

Langs de IJssel liggen verschillende polders (Tabel 4.1). Op basis van kaartmateriaal (zie bestanden in map 1.5 en 1.6) zijn de peilgebieden ingedeeld tussen de dijkpalen.

Voor zover mogelijk zijn de polderpeilen uit 1953 opgezocht, maar helaas is dit is nog niet volledig gelukt. Een overzicht van de bekende polderpeilen is gegeven in Tabel 4.1.

Deelgebied	Hm (ca.)	2012	1993	vroeger
		Peil van-tot (mNAP)	WP - ZP	
Krimpen	23.6 – 27.2	-2.07 - -2.02	-2.02 - -1.97	?
Kromme geer en Zijde	27.2 – 31.2	-2.29 - -2.14	-2.12 - -2.07	?
De Nesse	31.2 – 35.1	-2.63 - -2.58	-2.54 - -2.44	?
Kattendijksblok en Achterbroek	35.1 – 37.2	-2.61 - -2.56	-2.40 - -2.30	1950 -2.17
Stolwijk en Berkenwoude	37.2 – 37.4	-2.23 - -2.18	-2.05 - -2.02	?
Middelblok	37.4 – 40.0	-2.53 - -2.48	-2.25 - -2.20	1960 -2.16
Stolwijk en Berkenwoude	40.0 - >41	-2.23 - -2.18	-2.05 - -2.02	?
Stolwijkse boezem	>41	-2.33 - -2.28	-2.20 - -2.15	?

Tabel 4.1 Polderpeilen IJssel Krimpenerwaard 2012, 1993 en eerder.

De gemiddelde stijging van het polderpeil staat in Tabel 4.2. De stijging is aangegeven in cm/jr. Er is uitgegaan van het gemiddelde van de twee gegeven peilen in 1993 en 2012.

Deelgebied	Hm (ca.)	1993-2012 (cm/jr)	1960-1993 (cm/jr)	1950-1993 (cm/jr)
Krimpen	23.6 – 27.2	-0,26		
Kromme geer en Zijde	27.2 – 31.2	-0,63		
De Nesse	31.2 – 35.1	-0,61		
Kattendijksblok en Achterbroek	35.1 – 37.2	-1,24		-0,42
Stolwijk en Berkenwoude	37.2 – 37.4	-0,89		
Middelblok	37.4 – 40.0	-1,47	-0,20	
Stolwijk en Berkenwoude	40.0 - >41	-0,89		
Stolwijkse boezem	>41	-0,68		

Tabel 4.2 Gemiddelde stijging polderpeil IJssel Krimpenerwaard 2012, 1993 en eerder (negatief getal = daling).

Over de periode 1993 – 2012 is het gemiddelde polderpeil gedaald met 0,26 tot 1,47 cm/jr. Gemiddeld over alle peilgebieden is de daling 0,9 cm/jr. Dit komt redelijk overeen met de verwachte autonome bodemdaling van 1997-2050 van ca. 1 cm/jr voor de Krimpenerwaard (paragraaf 6.3).

Er zijn twee eerdere polderpeilen bekend uit 1960 en 1950. De berekende gemiddelde jaarlijkse daling in deze twee polders, Kattendijksblok en Achterbroek en Middelblok over de periode 1950-1960 tot 1993 is aanmerkelijk kleiner dan in de periode 1993-2012, respectievelijk ca. 33% en 13% van de daling tussen 1993 en 2012, gemiddeld 25%.

Voor de overige peilgebieden wordt een schatting van de polderpeilen in 1953 verkregen door rekening te houden met een gemiddeld 25% lagere daalsnelheid over de periode 1993-

1953. Een hoge en een lage schatting wordt verkregen door uit te gaan van respectievelijk 10% en 40% in plaats van 25%. De resultaten staan in Tabel 4.3.

Deelgebied	Hm (ca.)	Oude gegevens (m NAP)	schatting door extrapolatie v.a. 1993		
			gem. (m NAP)	laag (m NAP)	Hoog (m NAP)
Krimpen	23.6 – 27.2	-	-1,97	-1,98	-1,95
Kromme geer en Zijde	27.2 – 31.2	-	-2,03	-2,07	-1,99
De Nesse	31.2 – 35.1	-	-2,43	-2,47	-2,39
Kattendijksblok en Achterbroek	35.1 – 37.2	-2,17			
Stolwijk en Berkenwoude	37.2 – 37.4	-	-1,95	-2,00	-1,89
Middelblok	37.4 – 40.0	-2,15			
Stolwijk en Berkenwoude	40.0 - >41	-	-1,95	-2,00	-1,89
Stolwijkse boezem	>41	-	-2,11	-2,15	-2,07

Tabel 4.3 Schatting polderpeil IJssel Krimpenerwaard 1953.

Voor de geselecteerde dwarsprofielen volgt:

26.275 (Peilgebied Krimpen) -

schatting NAP -1,97 m

33.462 (Peilgebied De Nesse)

schatting NAP -2,43 m

36.951 (Peilgebied Kattendijksblok en Achterbroek)

NAP -2,17 m

40.55 (Peilgebied Stolwijk en Berkenwoude)

schatting NAP -1,95 m

Voor de updated reliability analyse kan het verstandig zijn om na te gaan wat het effect van de lage en de hoge schatting van het polderpeil is op de berekende stabiliteit. Dit omdat zowel een hoog als laag polderpeil een veilige schatting kan zijn.

Het binnendijkse peil voor de polder Kromme geer en Zijde is tijdens de dijkdoorbraak alhier gestegen tot het niveau van de Tiendweg. Het is niet bekend wat dat niveau destijds is geweest. Omdat de geselecteerde profielen niet in deze polder liggen is hier verder niet naar gekeken.

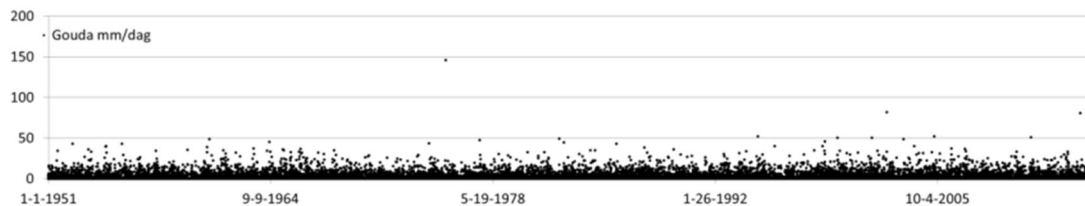
## 4.6 Huidige polderpeilen

De huidige polderpeilen (d.d. 2012) zijn bekend (zie Tabel 4.1 en bestanden in map 1.6).

## 4.7 Neerslaggegevens

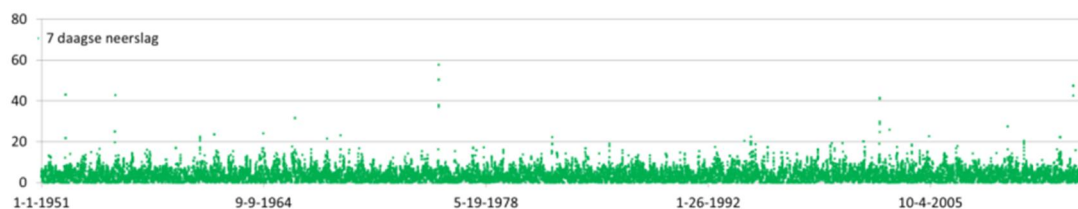
Neerslaggegevens per dag van 1953 zijn bekend voor stations Keilehaven Rotterdam en Gouda (zie bestanden in map 1.7). Uit de metingen blijkt dat in de maand voorafgaand aan de stormvloed van 1953 relatief weinig neerslag is gevallen. Recente neerslaggegevens zijn tevens opvraagbaar via <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/monv/reeksen>.

Daarnaast is in het kader van het POVM onderzoek een neerslagmeter in het gebied geplaatst. Een indruk van de neerslag in de periode 1951 – heden wordt gegeven in Figuur 4.3.



Figuur4.3 Neerslag (mm/dag) Gouda 1951 – heden

Extreme neerslag is bijvoorbeeld opgetreden op 24 juni 1975 toen er op 1 dag 145 mm regen werd gemeten. Deze piek springt er ook uit als wordt gekeken naar het weekgemiddelde van de neerslag (Figuur 4.4), namelijk gemiddeld 58 mm per dag over 7 dagen rondom 21 juni 1975 (totaal 403 mm in 7 dagen).



Figuur4.4 Neerslag Gouda 1951 – heden (gemiddelde over 7 dagen)

Indien uit de huidige waterspanningsmetingen en neerslag bekend is hoe de waterspanningen in het dijklichaam reageren op neerslag, dan kunnen deze gegevens worden gebruikt bij een bewezen sterkte analyse.

Er dient nog in een vervolgstap een keuze gemaakt te worden welke en hoeveel neerslag reeksen worden beschouwd.

## 4.8 Consolidatie

Niet relevant, omdat er geen dijkverhogingen zijn uitgevoerd kort voor het hoogwater van 1953 of in de recente geschiedenis.

Ontwerptekeningen van dwarsprofielen uit 1917 (paragraaf 6.1) en vermeldingen van werkzaamheden in [1] geven aan dat er kort na de stormvloed van 1916 dijkverbeteringen zijn uitgevoerd. De dijk is op een aantal plekken verhoogd en de taluds zijn soms verflauwd. Het is onwaarschijnlijk dat wateroverspanningen ten gevolge van deze ophogingen na 35 jaar nog een significante invloed hebben op de binnenwaartse stabiliteit van de dijk. Hierbij wordt opgemerkt dat eventuele residuele wateroverspanningen ten tijde van de stormvloed van 1953 nadelig zouden zijn geweest voor de stabiliteit van de dijk op dat moment. Het in rekening brengen hiervan bij de 'updated reliability' analyse is aan de onveilige kant.

In de jaren '80 – 2000 zijn er buitendijks versterkingen geweest. Omdat het hier grondaanvullingen op het buitentalud betreft en de versterkingen minimaal 10 jaar geleden zijn uitgevoerd wordt hiervan geen invloed meer van verwacht.

## 5 Overige belastingen

### 5.1 Verkeersbelasting

Over de kruin van de IJsseldijk ligt een weg die wordt gebruikt door verkeer uit verschillende klassen. Verkeerstellingen in het kader van andere projecten hebben inzicht gegeven in de aantallen en klassen die gebruik maken van de dijk. Hierbij is echter onbekend welk gewicht er over de dijk is gegaan, omdat uit de tellingen alleen blijkt welk verkeer over de dijk heeft gereden en niet wat de belading van deze voertuigen is geweest.

Verder uitdiepen van deze informatiebron wordt voor de dwarsprofielen ter plaatse van Dp 36.9+008m en Dp 40.5+50m niet gezien als kansrijk voor bewezen sterkte, mede omdat er specifieke vergunningen zijn afgegeven voor veel zwaarder verkeer dan het normale verkeer dat is geteld (zie paragraaf 5.2). Voor het dwarsprofiel ter plaatse van Dp 26.2+75 zijn op dit moment echter nog geen specifieke vergunningen bekend voor veel zwaarder verkeer waardoor dit voor dit betreffende profiel wel als kansrijk wordt gezien.

De verzamelde informatie van de verschillende telpunten en tellingen staan in map 2.1.

### 5.2 Specifieke vergunningen zwaar verkeer

Er zijn voor zover bekend drie ontheffingen afgegeven voor buitengewoon transport:

2010 – 1 ontheffing vice-versa, 99,5 ton (details beschikbaar).

2012 – 1 ontheffing vice-versa, 78 ton (nog geen details beschikbaar, bv route).

2013 – 1 ontheffing vice-versa, 100 ton (nog geen details beschikbaar, bv route).

Bij de bestanden (zie map 2.2) zijn de specificaties gegeven van het transport van een funderingsmachine (ontheffing van 2010). Totaalgewicht max. 99.500 kg, lengte 27 m, breedte 3,7 m. Uitgaande van het maximale komt dit neer op een belasting op de kruin van  $976 \text{ kN over } 27 \times 3,7 \text{ m}^2 = 9,8 \text{ kN/m}^2$  over een breedte van 3,7 m (36 kN/m').

De route van dit transport liep van de N207 bij Gouda over Middelblok en Veerstablok en Dorpstraat in Ouderkerk aan de IJssel, naar de zellingwijk in Gouderak.

Hm 28,6 – 32,6

Hm 34,8 – 41

Het ligt voor de hand dat het transport de dijkweg tussen Hm 32,6 en Hm 34,8 heeft afgestoken over de (doorgaande) Lageweg.

Bij stabiliteitsberekeningen van de dijk wordt in combinatie met hoogwater een belasting aangehouden van  $13 \text{ kN/m}^2$  over een breedte van 2,5 m (32,5 kN/m'). Deze belasting is per vierkante meter iets hoger, maar per strekkende meter dijk iets lager dan er tijdens het transport van 2013 al over de dijk is gereden.

Let op dat van de geselecteerde profielen alleen 36.95 en 40.55 zijn belast door dit transport.

### 5.3 Ijsbelasting

Niet van toepassing.

#### 5.4 Zandzakken tijdens 1953

Tijdens de stormvloed van 1953 is de dijk met allerlei materiaal inclusief zandzakken versterkt en opgehoogd. In [1] en [2] staan enkele afbeeldingen van de omvang van de versterking met zandzakken et cetera op de plekken waar het (bijna) mis ging. Ingeschat wordt echter dat er onvoldoende betrouwbare informatie is over de exacte plekken en de exacte omvang van de ophoging in zandzakken (en ander voorhanden materiaal) om deze belasting in rekening te brengen bij de ‘updated reliability’ analyse.

Dit betekent echter dat hiervoor een veilige inschatting moet worden gemaakt. Het niet schematiseren van zandzakken die in 1953 op de kruin zijn aangebracht is een veilige aanname. Het niet schematiseren van zandzakken die in 1953 op het binnentalud of ter plaatse van de binnenteen zijn aangebracht is een onveilige aanname.

## 6 Geometrie

### 6.1 Dwarsprofielen 1953

Beschikbaar zijn (zie map 3.1):

- Dwarsprofielen dijkversterkingen n.a.v. stormvloed 1916.
- Overzicht schade per HM paal en schetsen van opgetreden schades in dwarsprofiel na stormvloed 1953.
- Ontwerp versterking (net) na 1953.

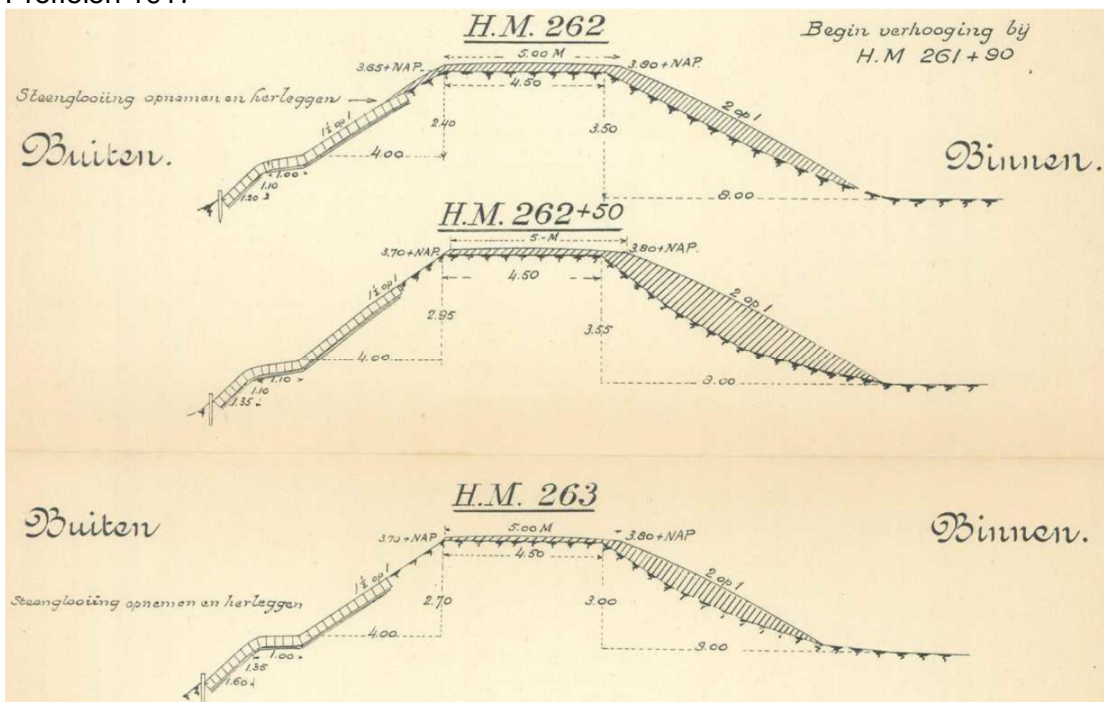
Er zijn slechts in beperkte mate dwarsprofielen beschikbaar van de dijk zoals deze op het moment van de stormvloed van 1953 was.

Aanvullende informatie volgt uit reconstructies na 1953, kruinhoogtemetingen en gegevens over autonome bodemdaling. Al deze informatie samen moet leiden tot een zo goed mogelijke (veilige) schatting van de dwarsprofielen ten tijde van de stormvloed.

De bestanden staan in map 3.1. Voor de vier dwarsprofielen zijn de dichtst bij gelegen profielen gegeven (voor zover beschikbaar).

#### 26.275 (Peilgebied Krimpen)

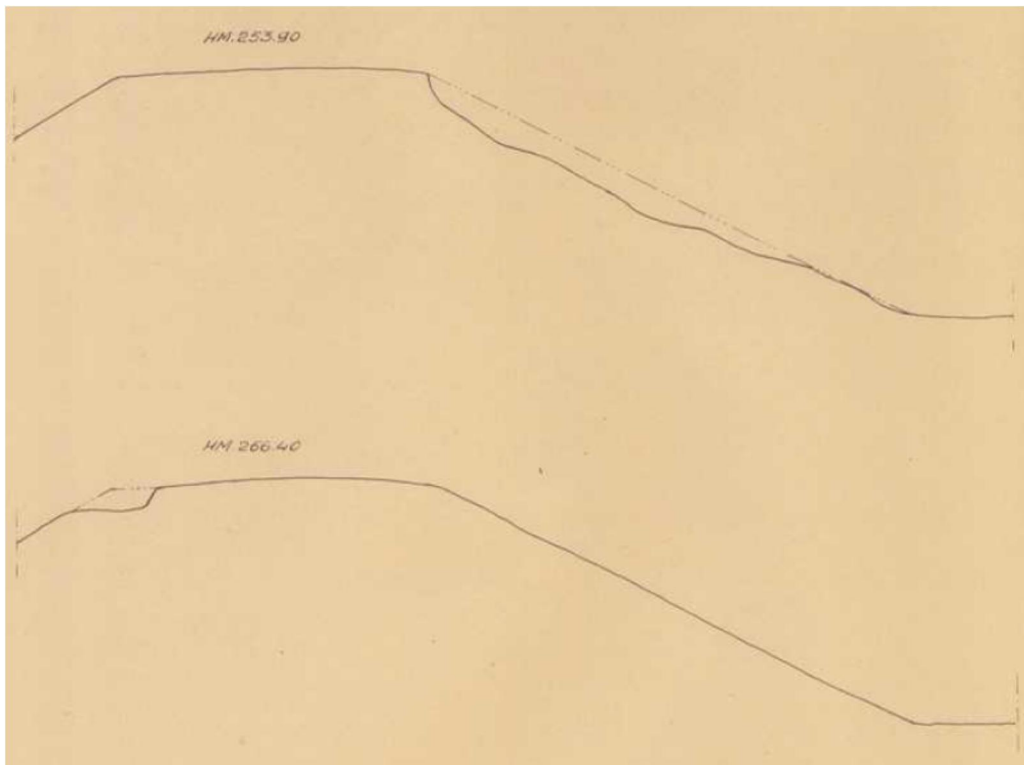
Profielen 1917



Geen schade tijdens storm 1953

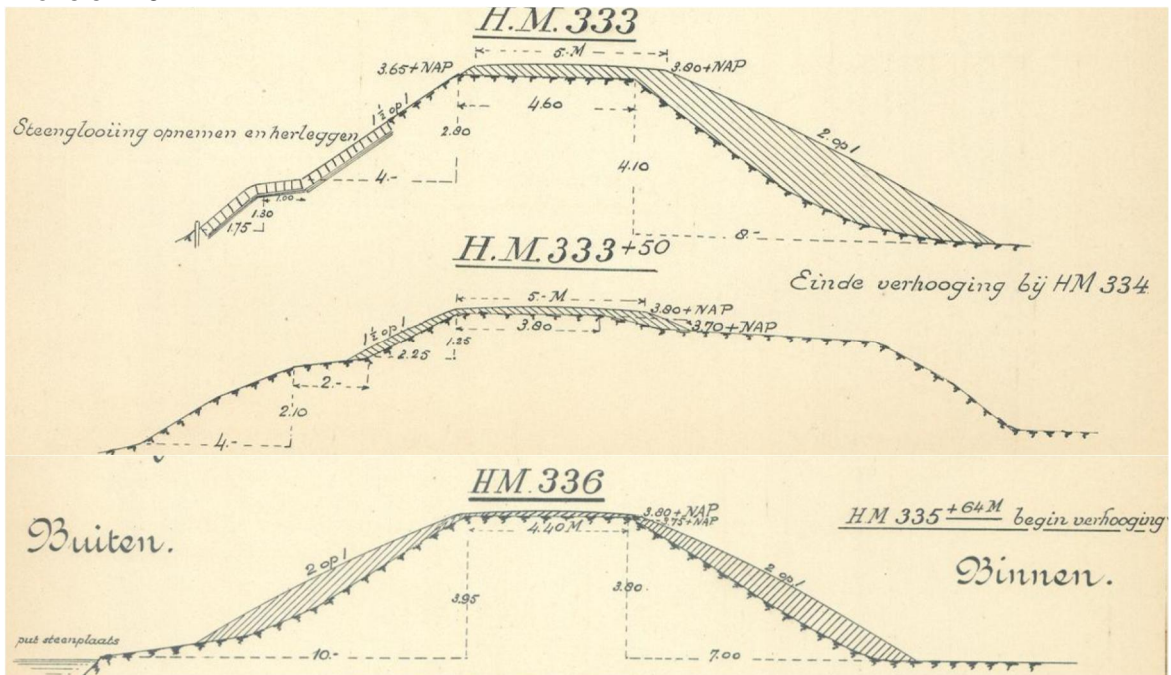
Schets schade 25.390 en 26.640 links buitendijks rechts binnendijks



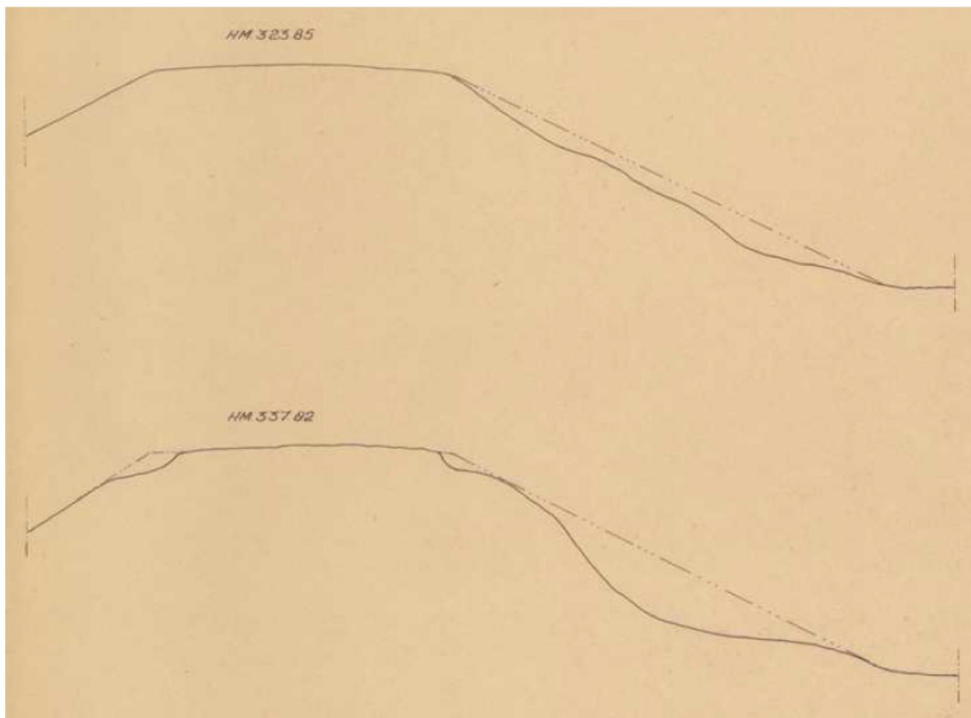


Geen profiel beschikbaar van versterking/ herstel net na 1953

**33.462** (Peilgebied De Nesse)  
Profielen 1917



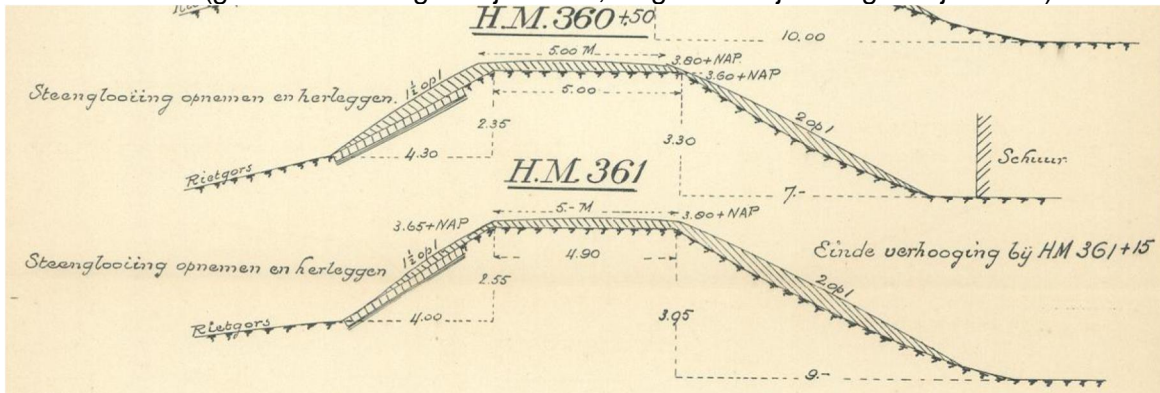
Geen schade tijdens storm 1953  
Schets schade 32.385 en 33.782 links buitendijks rechts binnendijks



Geen profiel beschikbaar van versterking/ herstel net na 1953

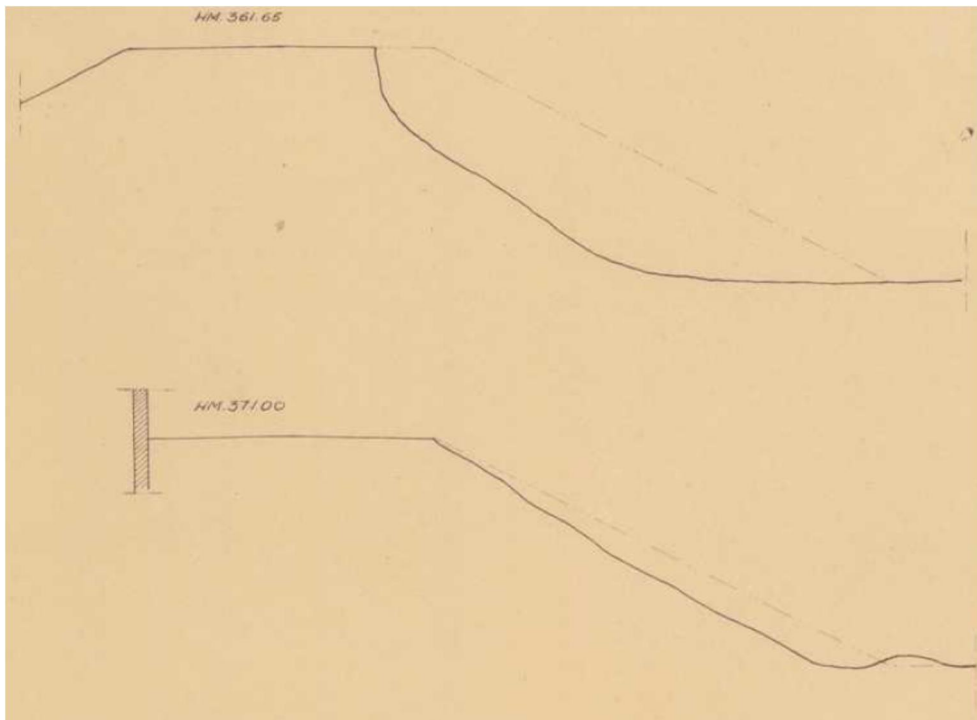
**36.951** (Peilgebied Kattendijksblok en Achterbroek)

Profielen 1917 (geen versterking nabij 36.951; volgende traject begint bij 39.140)



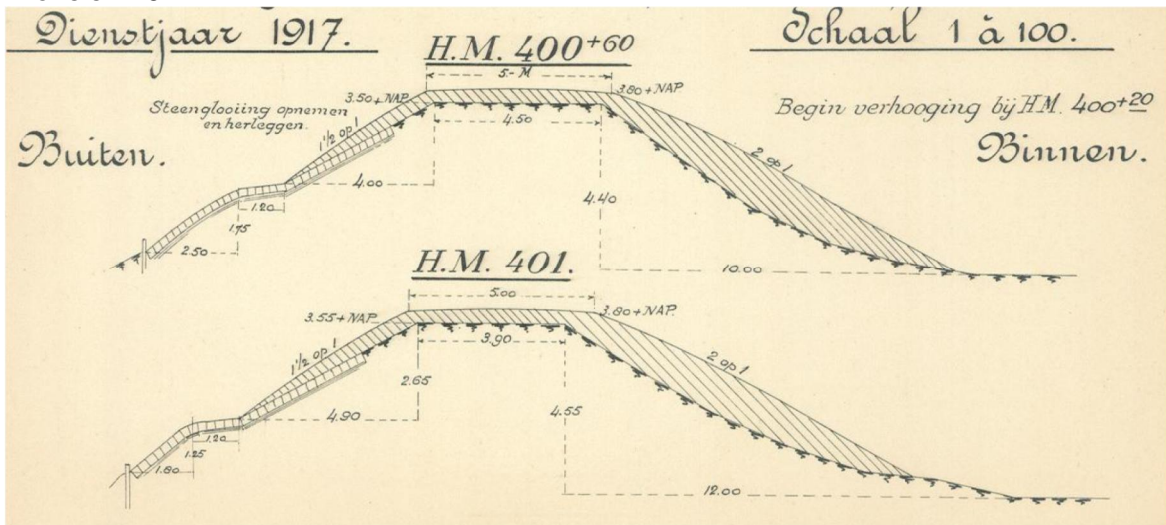
Geen schade tijdens storm 1953

Schets schade 36.165 en 37.100 links buitendijks rechts binnendijks

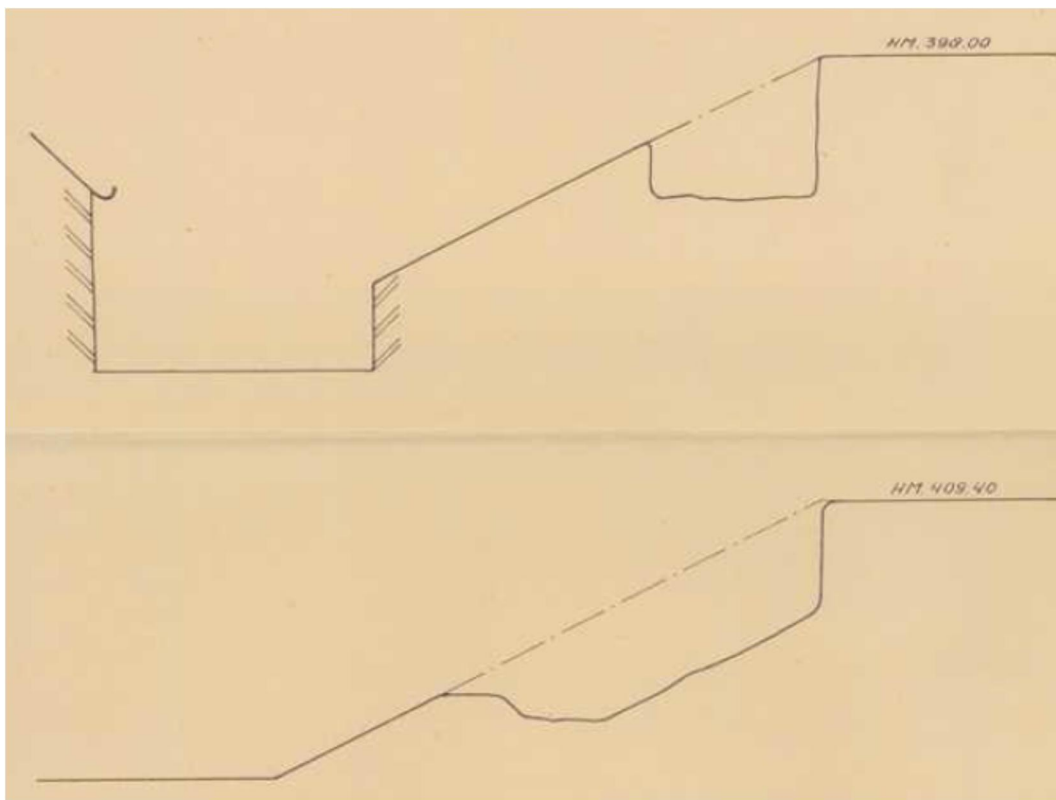


Geen profiel beschikbaar van versterking/ herstel net na 1953

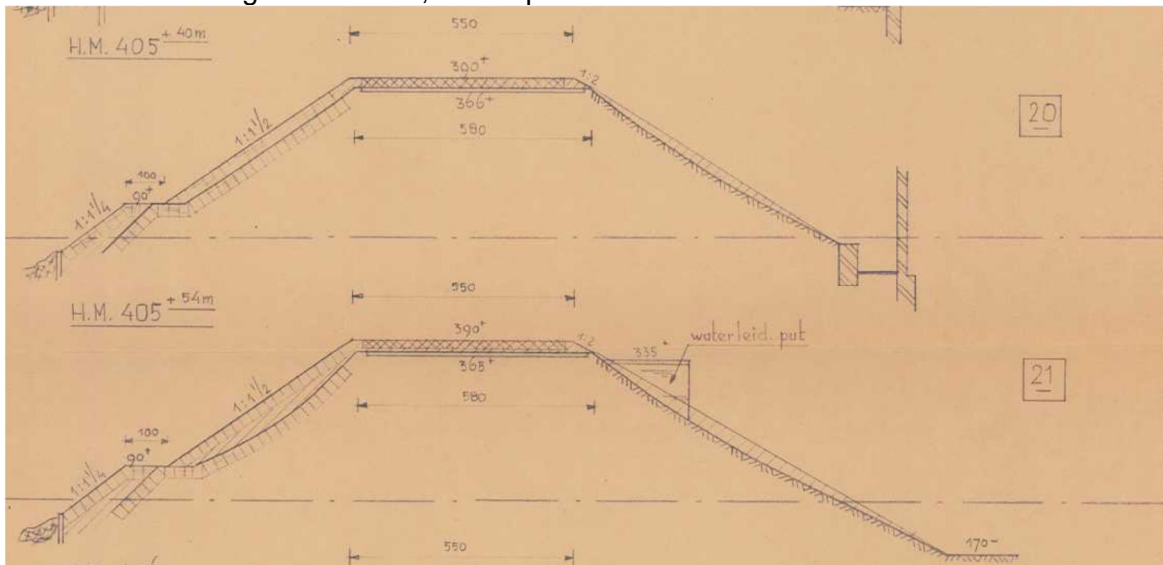
**40.55** (Peilgebied Stolwijk en Berkenwoude)  
 Profielen 1917



Geen schade tijdens storm 1953  
 Schets schade 39.800 en 40.940 links binnendijs rechts buitendijs



Herstel/ versterking net na 1953, ontwerp



## 6.2 Ontwikkeling dwarsprofielen 1953 – heden

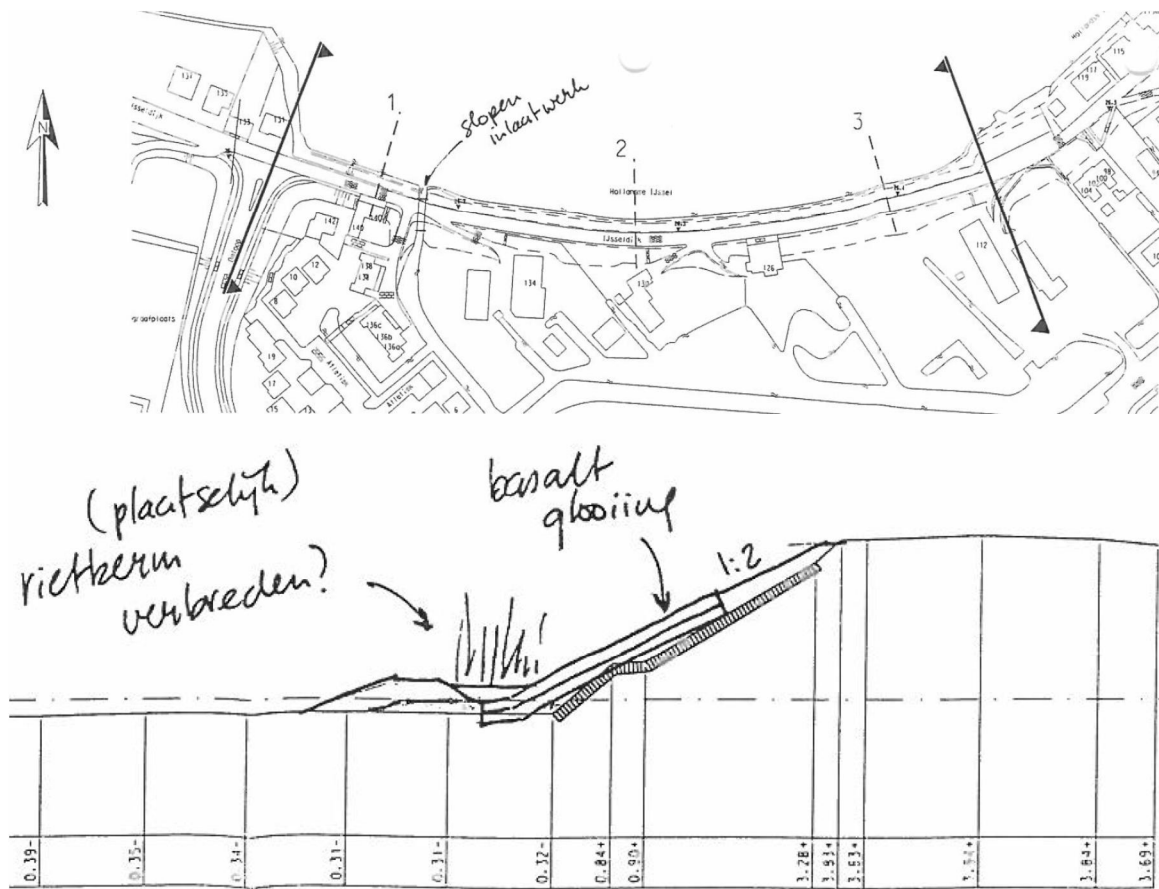
Reconstructies buitendijks in de periode 1980 – 2000 (zie map 3.2). Beschikbaar:

- Overzicht locaties.
- Ontwerp dwarsprofielen (let op geen revisie).

### 26.275

Reconstructie buitentalud 26.140 – 26.430 – drie profielen van het buitentalud en kruin, geen profiel binnentalud beschikbaar. Profiel '3' ongeveer ter hoogte van geselecteerde profiel.





Figuur 6.1 Profiel '3' Ontwerptekening verbetering buitentalud d.d. 1997

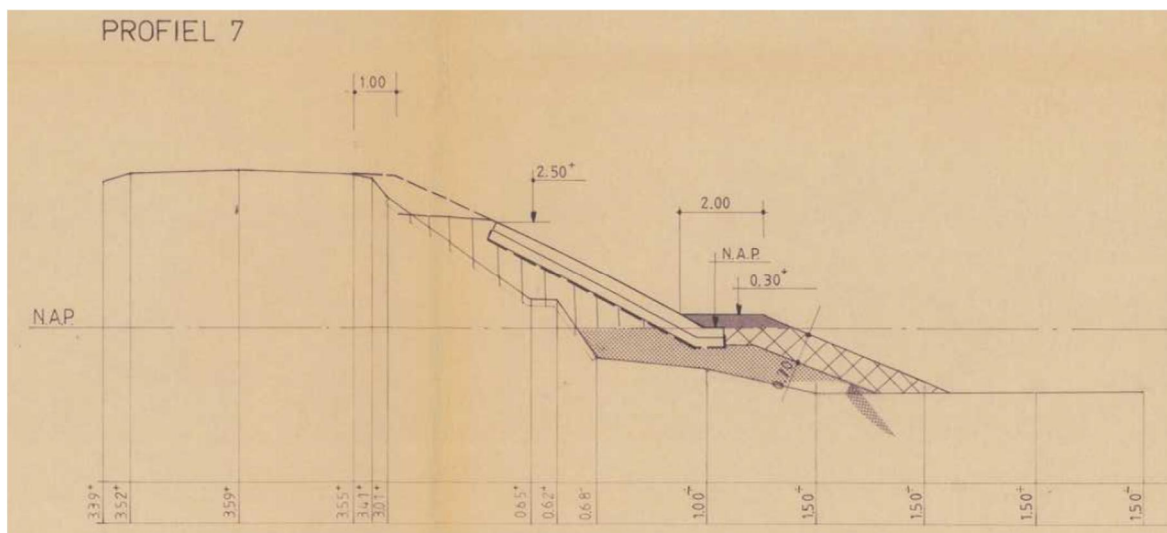
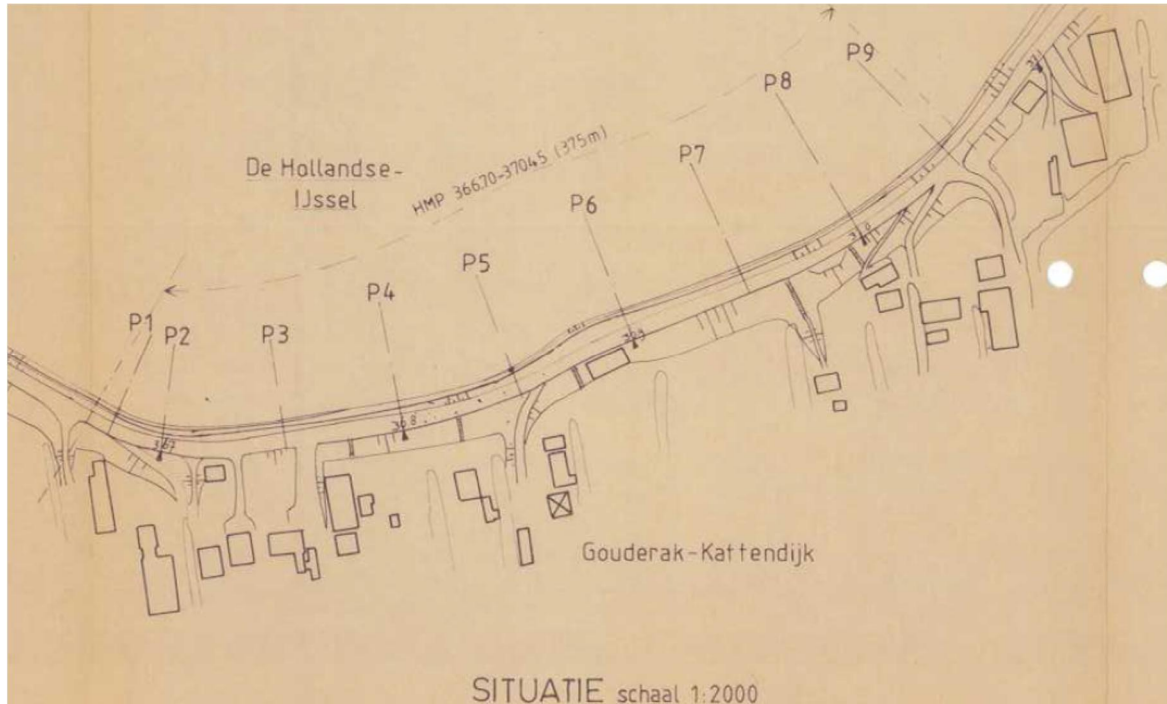
### 33.462

Geen reconstructie buitentalud (werk stopt tussen 33.170 en 33.650), geen profielen beschikbaar.



**36.951**

Reconstructie buitentalud 36.295 – 37.045 –profielen buitentalud, kruin en stukje binnentalud. Profiel '7' ongeveer ter hoogte van geselecteerde profiel.



Figuur 6.2 Profiel '7' Ontwerptekening verbetering buitentalud d.d. 1988

**40.55**

Wel op lijst reconstructies, geen profielen beschikbaar.

**6.3 Gegevens autonome bodemdaling**

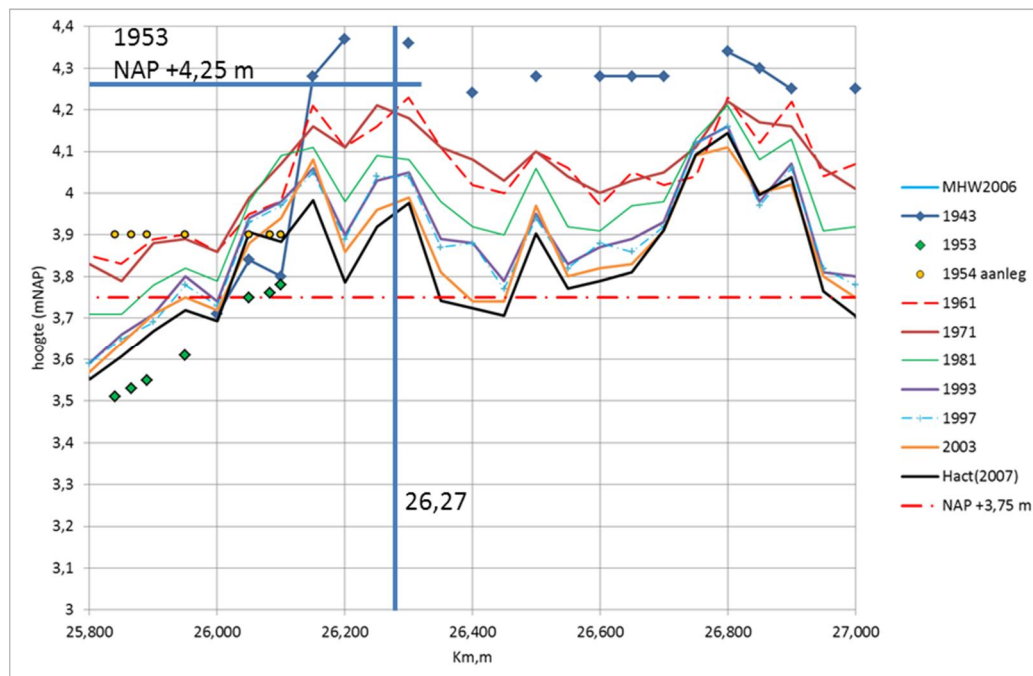
De globale autonome bodemdaling van het gebied rondom de dijk is beschikbaar uit rapportage [3]. Voor het gebied van de Krimpenerwaard werd een bodemdaling verwacht van 40-60 cm in 2050, ten opzichte van 1997. Dat is ongeveer een centimeter per jaar 1

cm/jr. Gedetailleerde informatie over autonome bodemdaling langs de dijk is niet aanwezig in dit rapport. Ook een terugblik naar 1953 is niet aanwezig. Zou dezelfde daalsnelheid worden aanhouden, dan zou de polder achter de dijk in 1953 ongeveer **50 cm** hoger hebben kunnen liggen dan nu het geval is.

De verandering van het polderpeil in verloop van tijd geeft daarnaast ook een indruk van de bodemdaling, als ervan wordt uitgegaan dat er een gemiddelde minimale drooglegging is nagestreefd (zie paragraaf 4.5). De spaarzame gegevens over polderpeilen in de jaren 50 en 60 geven aan dat het polderpeil vroeger minder snel daalde dan in de laatste periode van de jaren 90 tot nu, namelijk in de orde van 25% minder snel. Hanteren we in lijn met de daling van de polderpeilen ca. 0,9 cm per jaar in de periode 1993 – 2015 en 0,25\*0,9 cm/jr over de periode 1993 – 1953 dan volgt een gemiddelde maaiveldligging in 1953 van  $23*0,9+40*0,25*0,9 = 30 \text{ cm}$  hoger dan nu.

Ook de dijk zelf is onderhevig aan daling. Er zijn metingen beschikbaar van de kruinhoogte over de verschillende jaren. Hierbij wordt opgemerkt dat de metingen niet altijd compleet zijn voor de hele dijk. Ook lijkt er een zekere mate van ruis in de metingen te zitten. Enerzijds kan dit worden veroorzaakt doordat niet telkens op dezelfde plek een meting wordt uitgevoerd, maar ook door een zekere meeton nauwkeurigheid. Daarnaast is af en toe de weg gerepareerd of gereconstrueerd, waardoor er een zekere laagdikte werd toegevoegd aan het kruinniveau, leidend tot een ‘onverwachte’ kruinstijging.

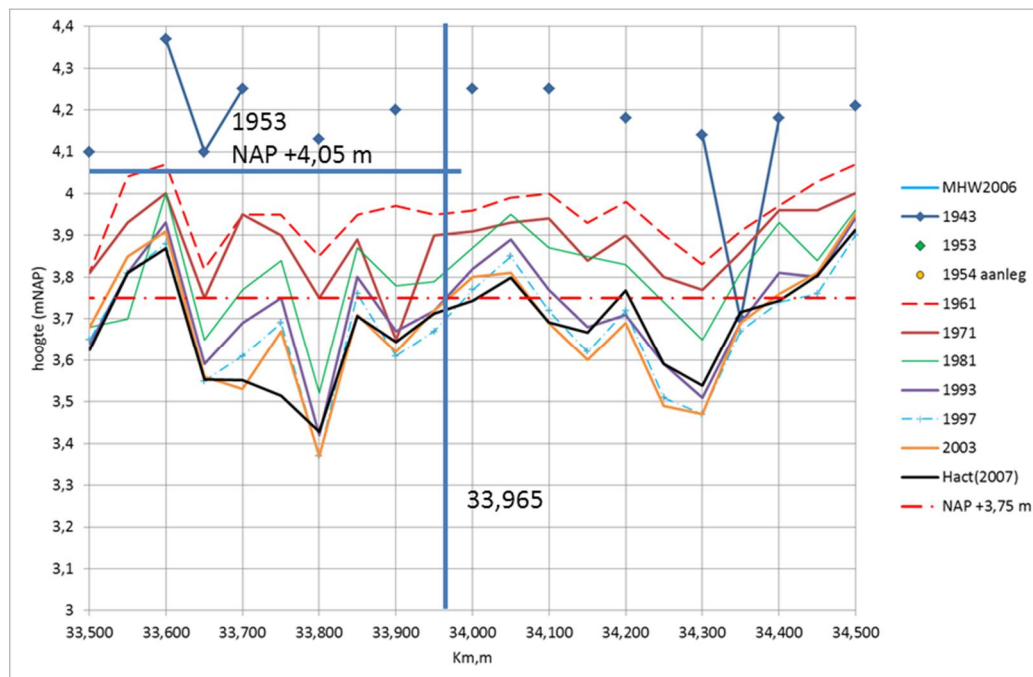
Een grafische weergave van kruinhoogtemetingen nabij de geselecteerde profielen staan in onderstaande figuren.



Figuur 6.3 Kruinhoogtemetingen (mNAP) bij profiel 26.27

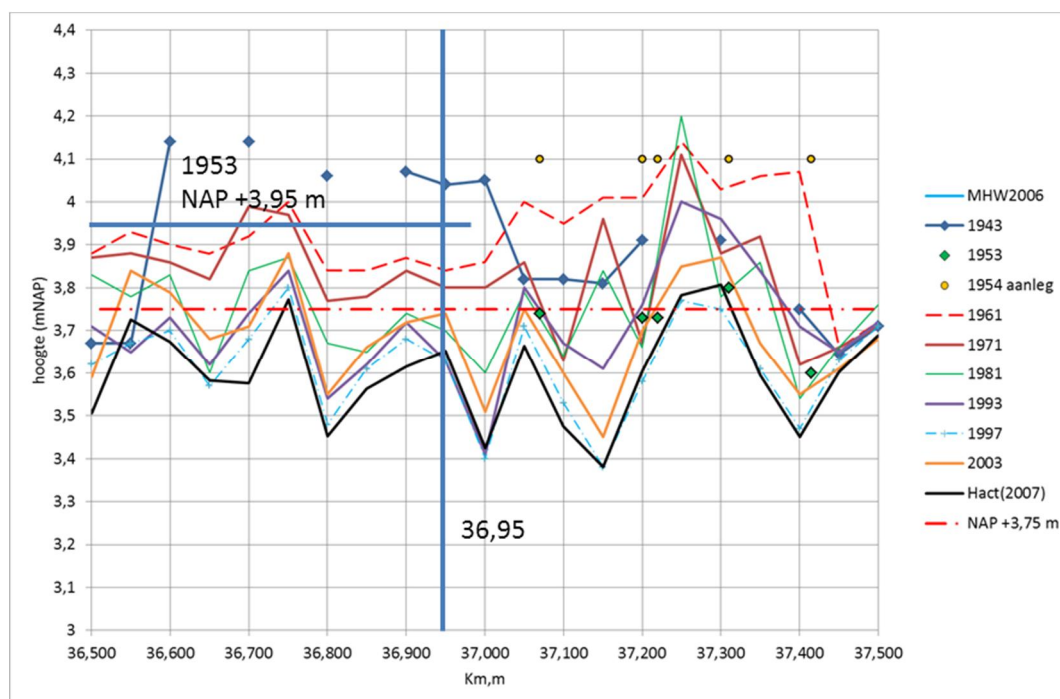
In 1943 was de hoogte bij het geselecteerde profiel 26.27 ca. NAP +4,35 m, de hoogste meting van de beschikbare reeks. De kruinhoogte in 1953 is niet exact bekend uit metingen. Er zijn echter voor zover bekend hier geen versterkingen uitgevoerd n.a.v. de stormvloed van

1953 (zie paragraaf 6.1), zodat de kruinhoogte kan worden geschat aan de hand van de metingen in 1943 en 1961. De kruinhoogte zal hier ca. NAP +4,25 m zijn geweest.



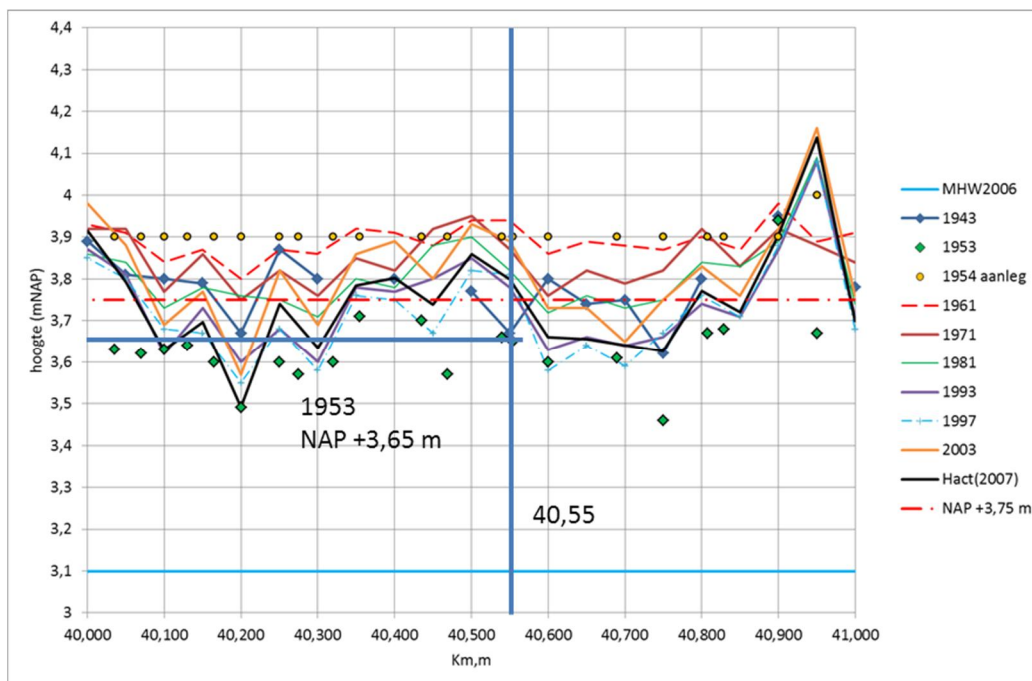
Figuur 6.4 Kruinhoogtemetingen (mNAP) bij profiel 33.965.

Voor profiel 33,965 geldt hetzelfde als voor 26,75. Op basis van de metingen in 1943 (NAP +4,25 m) en 1961 (NAP +3,95 m) wordt de kruinhoogte in 1953 geschat op NAP +4,05 m).



Figuur 6.5 Kruinhoogtemetingen (mNAP) bij profiel 36.95.

Voor profiel 36,95 geldt hetzelfde als voor 26,75. Op basis van de metingen in 1943 (NAP +4,05 m) en 1961 (NAP +3,85 m) wordt de kruinhoogte in 1953 geschat op NAP +3,95 m).



Figuur 6.6 Kruinhoogtemetingen (mNAP) bij profiel 40.55.

Profiel 40,55 is in 1953 ingemeten. De kruinhoogte bedroeg NAP +3,65 m. De dijk heeft zeer waarschijnlijk te maken gehad met overloop en of overslag. Naar aanleiding van de stormvloed van 1953 is de kruin opgetrokken naar NAP +3,90 m.

Voor de vier geselecteerde profielen is vrij nauwkeurig (+/- 5 cm) te bepalen wat de kruinhoogte in 1953 moet zijn geweest. Met de beschikbare gegevens zal het voor nagenoeg de hele dijk mogelijk zijn om de kruinhoogte in 1953 vrij nauwkeurig te schatten.

De kruindaling met verloop van tijd heeft een duidelijke ruimtelijke spreiding, waarschijnlijk veroorzaakt door de grondlagen waarop de dijk is aangelegd. Gemiddeld gezien echter is de kruindaling over de hele strekking, in de periode 1961 – 2007 gelijk aan 0,7 cm/jr, wat niet heel veel afwijkt van de autonome bodemdaling in de polder.

Geconcludeerd wordt dat aan de hand van de metingen van de kruinhoogte en schattingen van de autonome bodemdaling in de polder vrij nauwkeurig een dwarsprofiel uit 1953 kan worden gereconstrueerd. Dit geldt voor de vier geselecteerde profielen als ook voor de rest van de dijk.

## 6.4 Ontgraving, slootverlegging, ophogingen

Er is naast de eerder genoemde versterkingen van de dijk geen specifieke informatie over ontgravingen, slootverleggingen en ophogingen nabij de dijk gevonden.

Een bron van informatie vormt [www.topotijdreis.nl](http://www.topotijdreis.nl). Voor de vier geselecteerde profielen zijn hiervan schermafdrucken opgenomen in de bijlagen A tot en met D. Let op dat de schermafdrucken iets minder detail tonen dan de site zelf.

De schermafdrucken laten zien dat de dijk op veel plekken meer bebouwd is geworden. Nieuwe bebouwing is in het algemeen ook gepaard gegaan met grondaanvullingen. Zo zijn net ten oosten van profiel 26.27 enkele huizen gebouwd op aanaardingen die tegen de dijk aan liggen. Dit versterkt de dijk. Bij het narekenen van de stormvloed van 1953 is dit echter lastig in rekening te brengen, omdat het dwarsprofiel op deze plekken ingrijpend is veranderd. Voor bewezen sterkte is deze informatie daarom minder relevant.

Bij de vier geselecteerde profielen is geen sprake van nieuwe bebouwing, of verwijderde bebouwing.

## **6.5 Gegevens slootbodemdiepte**

Geen gegevens beschikbaar, niet relevant.

In de vier geselecteerde profielen is geen sloot aanwezig in de nabijheid van de dijk. Niet in de huidige situatie en voor zover valt op te maken uit [www.topotijdreis.nl](http://www.topotijdreis.nl) ook niet in de periode 1952 tot heden.

## **6.6 Kruinverbreding sinds 1953**

Kruinverbredingen zijn voor zover mogelijk behandeld in paragraaf 6.1 en 6.2.

## **6.7 Kruinhoogte sinds 1953**

De kruinhoogte wordt behandeld in paragraaf 6.3.

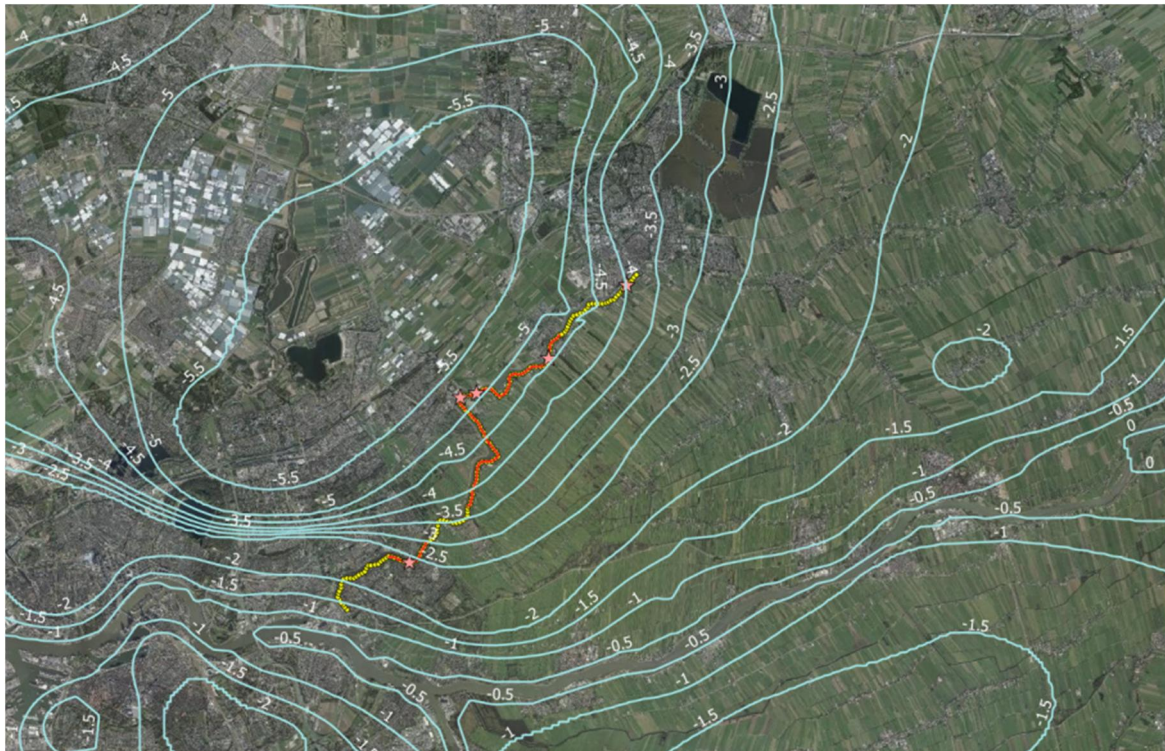
## **6.8 Baggerwerkzaamheden**

Binnendijks niet relevant, geen sloten in de directe nabijheid van de dijk aanwezig (paragraaf 6.4).

Buitendijks ligt de geul van de Hollandse IJssel. De ligging en diepte hiervan is van belang bij de schematisering van de waterspanningen in en onder de dijk onder extreme omstandigheden. Een groot verschil in tussen de situatie in 1953 en de huidige situatie kan optreden als de geul destijds insneed in het eerste watervoerende zandpakket. Momenteel is dat niet het geval.

De stijghoogte in het eerste watervoerende pakket wordt momenteel in de omgeving van de Hollandse IJssel vooral bepaald door de diepe polders in Zuid-Holland en de rivieren de Lek en Nieuwe Maas die insnijden in het eerste watervoerende pakket (Figuur 6.7).





Figuur 6.7 Stijghoogte (m NAP) eerste watervoerende pakket rondom de Hollandse IJssel (TNO Grondwaterkaart).

Op kaartmateriaal uit 1907 (map 3.8) is aangegeven hoe de geul en voorlanden destijds, rond 1900, waren. De ligging van de dijk is in de periode vanaf 1907 tot heden niet of nauwelijks gewijzigd, echter de ligging van de geul en van voorlanden zijn op diverse plekken ingrijpend veranderd (zie bijvoorbeeld Figuur 6.8).

De geuldiepte op het kaartmateriaal is gegeven in decimeters ten opzichte van de gemiddelde ebstand over tijdvak 1871-1880: NAP -0,37 m. Een overzicht van geuldieptes is gegeven in Tabel 6.1.



Blad nr. (map 3.8)	Traject	geuldiepte 1907 (-1*mNAP)	Opmerkingen
1	41-41.6	3,3 – 3,8	
2	38.7 - 41	3,4 – 4,2	
3	37.1 - 38.7	3.4 – 4.9	
4	34.4 – 37.1	3.7 – 10.3	lokaal diepe geul bij 35.4 (Figuur 6.8)
5	32.2 – 34.4	3.9 – 11.2	lokaal diepe geul (11,2 mNAP) aan Schielandskant. Geul is nu voorland.
6	31.5 – 32.2 31.2 – 31.5 29.8 - 31.5	4.2 - 5.4 14.6 4.2-4.9	- bocht Krimpenerwaardkant -
7 (1924)	29.2 – 29.8 29.0 - 29.2 28.8 - 29.0 27.5 – 28.8	5.2 – 9 9.4 15.4 6.7 - 12	- doorbraak 1953 tussen 29.0 en 29.1 kaart 1906 geeft 17 m NAP -
8	26.7 – 27.5 26.2 – 26.7 25.6 – 26.2 25.0 – 25.6	6.4 – 7.2 7.2 – 10.7 4.2 – 12 4.5 - 5	- bocht Krimpenerwaardkant bocht Schielandkant, geul is nu voorland -
9	24.0 – 25.0 23.5 - 24	5 – 9 5 - 8	- -
10	23.7-24.4	6,2 – 8,4	-

Tabel 6.1 Overzicht geuldiepte omstreeks 1907.



Figuur 6.8 Voorbeeld wijziging IJsselgeul 1907(links geul NAP -10,3 m) – heden (rechts, geul aangevuld tot hoog voorland c.q. voetbalveld) bij 35.4.

De geuldiepte in de periode 1907 tot 1924 (1924 laatste update kaartblad 7) was op sommige plekken aanzienlijk dieper dan in de huidige situatie. Het is niet uit te sluiten dat de geul op enkele plekken ook contact had met het eerste watervoerende pakket. Volgens de geotechnische lengteprofielen (binnendijs) blijkt dat de bovenkant van het pleistocene zandpakket zich op een diepte bevindt van NAP -10 à -15 m. Er zijn binnendijs op een paar plekken ook holocene zandlagen aangetroffen op een geringere diepte.

De geuldiepte en het al dan niet in contact staan van de IJssel met het eerste watervoerende pakket tijdens de stormvloed van 1953 is een onzekerheid. Bekend is dat er na 1953 diverse werken aan de IJssel zijn uitgevoerd, die van invloed zijn geweest op de geuldiepte. Dat zou betekenen dat de geuldiepte in 1953 misschien meer leek op die in 1907 dan op de huidige diepte.

Bij de schematisering van de geohydrologische omstandigheden in 1953 ten behoeve van 'bewezen sterkte' is het aan de veilige kant om ervan uit te gaan dat de geul destijds niet insneed in het eerste watervoerende pakket en dat, net als nu, er een vrij lage stijghoogte in het eerste watervoerende pakket aanwezig is, ondanks een hoge buitenwaterstand op de IJssel.

Overigens moet er vooral nabij Krimpen rekening mee worden gehouden dat de Lek wel degelijk in contact staat met het eerste watervoerende pakket en dat een hoge waterstand op de Lek ook gevolgen heeft voor de stijghoogte bij het eerste stuk van de Hollandse IJssel.

## 6.9 Dijkreconstructie n.a.v. 1953

Dit wordt behandeld in paragraaf 6.1.

De schade aan de dijken is kort na de stormvloed gerepareerd. Zandzakken en ander materiaal is verwijderd en er is klei voor in de plaats aangebracht [4]. Vanwege de aanleg van de stormvloedkering heeft er geen grootschalige reconstructie van de dijk plaatsgevonden. In paragraaf 6.1 (en map 3.1) worden voor enkele trajecten ontwerptekeningen gegeven van relatief kleinschalige ophogingen en taludverflauwingen.

## 6.10 Latere dijkreconstructies

Dit wordt behandeld in paragraaf 6.2.

## 6.11 Bebouwing, keermuren, damwanden (grote) leidingen

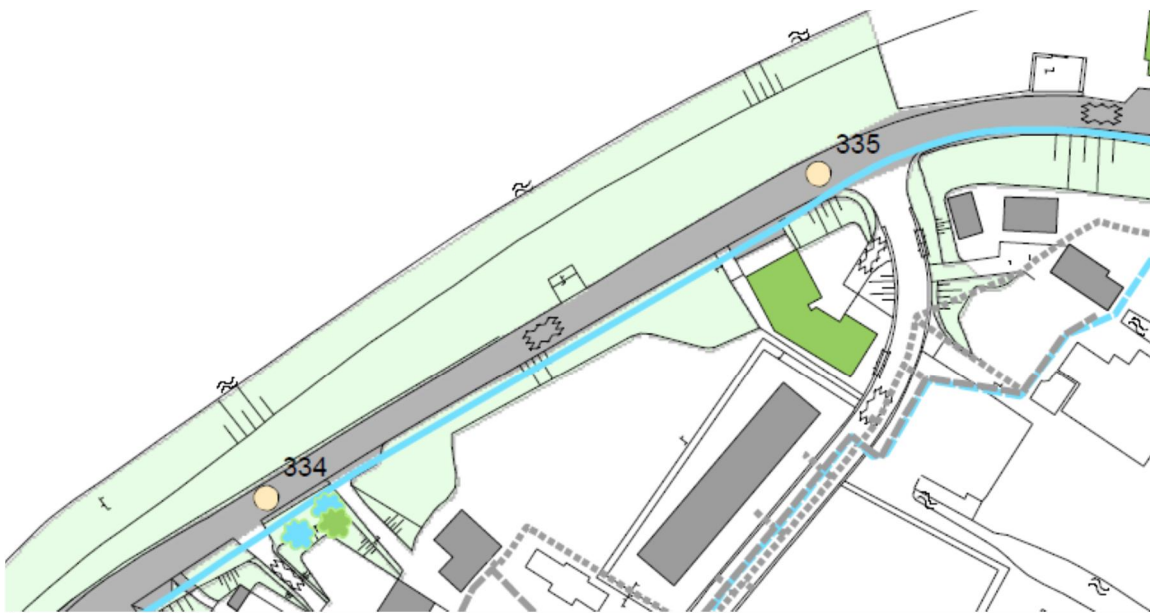
In map 3.11 is de toetsing van niet waterkerende objecten opgenomen. Voor de voorkeursprofielen zijn onderstaand de toetsresultaten opgenomen.

Profiel 26.275



Legenda		
hectometerpalen	<b>Opstallen</b>	<b>Waterleiding</b>
<b>Grote leidingkruisingen</b>	voldoende	voldoende
voldoende	geen oordeel	geen oordeel
geen oordeel	n.v.t./niet maatgevend	n.v.t./niet maatgevend
<b>Bomen</b>	<b>Gasleidingen</b>	<b>Riolering</b>
voldoende	voldoende	voldoende
geen oordeel	geen oordeel	geen oordeel
n.v.t./niet maatgevend	n.v.t./niet maatgevend	n.v.t./niet maatgevend

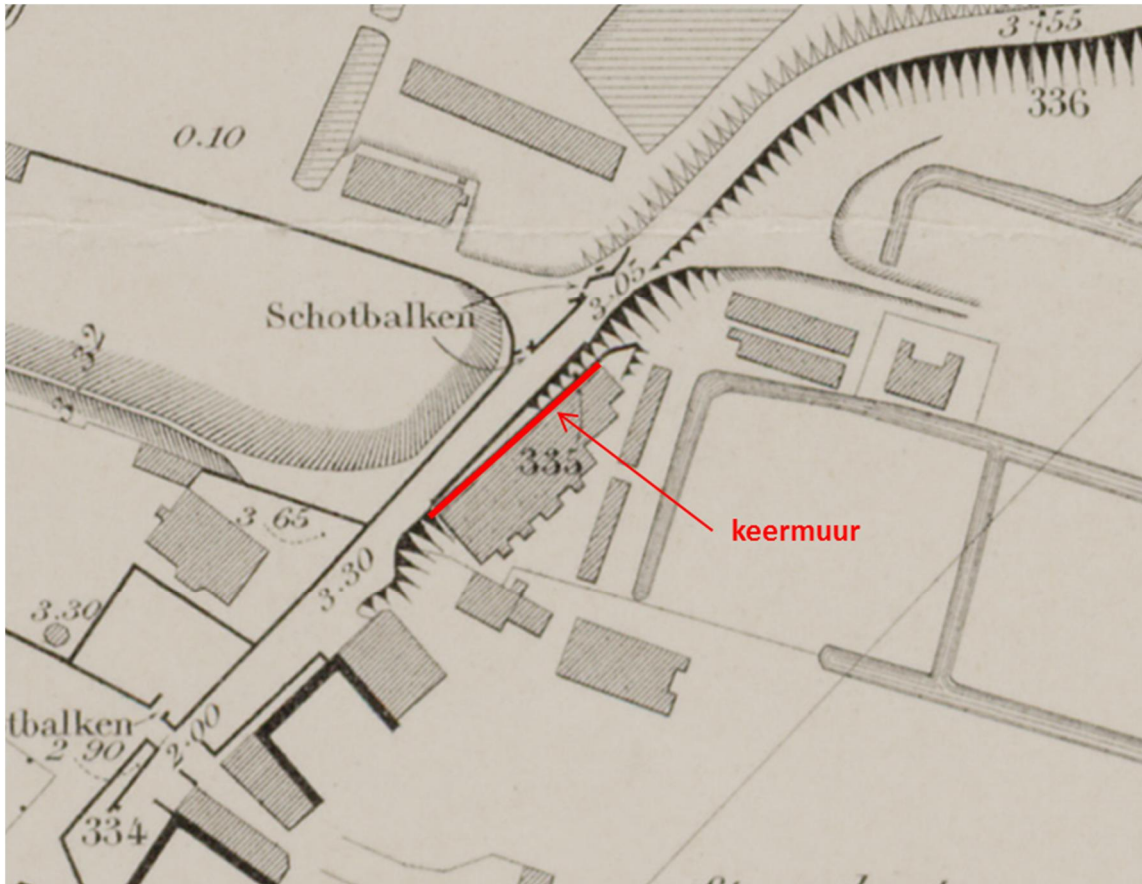
Profiel 33.462



Legenda		
○	hectometerpalen	
<b>Grote leidingkruisingen</b>		
✱	voldoende	
✱	geen oordeel	
<b>Bomen</b>		
✱	voldoende	
✱	geen oordeel	
✱	n.v.t./niet maatgevend	
<b>Opstallen</b>		
■	voldoende	
■	geen oordeel	
■	n.v.t./niet maatgevend	
<b>Gasleidingen</b>		
⋯	voldoende	
⋯	geen oordeel	
⋯	n.v.t./niet maatgevend	
<b>Waterleiding</b>		
—	voldoende	
—	geen oordeel	
—	n.v.t./niet maatgevend	
<b>Riolering</b>		
⋯	voldoende	
⋯	geen oordeel	
⋯	n.v.t./niet maatgevend	

Bij profiel 33.46 is in de huidige situatie een keermuur aanwezig. Het is onbekend wat hiervan de aard en omvang precies is. De wand lijkt onderdeel uit te maken van een gebouw dat hoort bij steenplaats Doornboom en of Spreeuwenhoek (Figuur 6.9). Helemaal zeker is dit echter niet.





Figuur 6.9 Locatie keermuur op tekening uit 1904 (zie map 3.8 Baggerwerkzaamheden) en huidige situatie.

Het gebouw met daarin de aanduiding voor dijkpaal 33.5 lijkt volgens [www.topotijdreis.nl](http://www.topotijdreis.nl) omstreeks 1970 (deels) te zijn afgebroken. De resolutie van dit kaartmateriaal laat echter te wensen over.

De keermuur in de huidige staat staat in Figuur 6.10.



*Figuur 6.10 Keermuur bij 33.46 in huidige staat (Foto zomer 2015).*

Voor een updated reliability analyse is het van belang om er achter te komen in hoeverre de wand een stabiliserend effect heeft op de dijk en in hoeverre dat nu anders is dan ten tijde van de na te rekenen historische belasting (extrmee neerslag, verkeer en het hoogwater van 1953).

Indien de wand bijvoorbeeld tijdens de stormvloed van 1953 onderdeel vormde van een groot en sterk gebouw, welke een positieve invloed had op de stabiliteit van de dijk en plaatselijk voorkwam dat het binnenbeloop van de dijk verzadigde door over de dijk slaande golven, dan kan het theoretisch zo zijn dat de wand inclusief bouwerk de dijk net stabiel heeft gehouden in de situatie van 1953, terwijl deze in de huidige situatie, bij dezelfde belasting zou bezwijken.

Anderzijds kan het ook zo zijn dat door grondaanvulling ter plaatse van het eerdere gebouw, de situatie juist in 1953 minder stabiel was. Een en ander moet nader worden onderzocht.

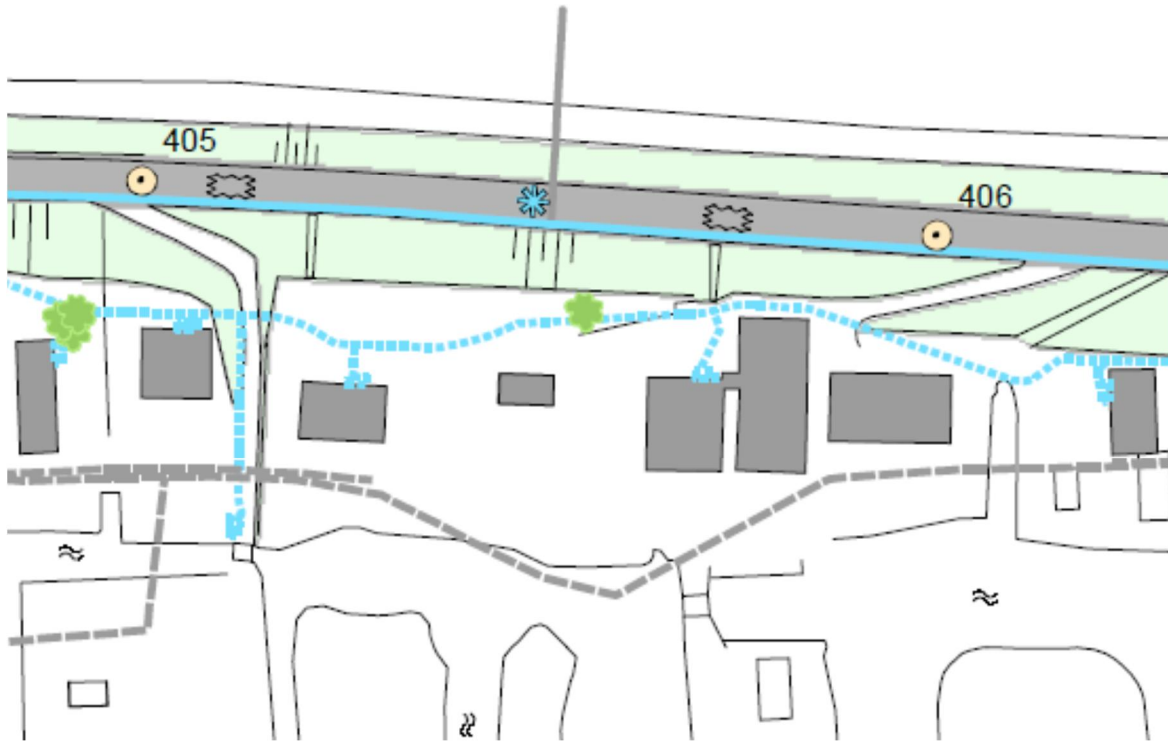


Profiel 36.951



Legenda		
hectometerpalen	<b>Opstallen</b>	<b>Waterleiding</b>
<b>Grote leidingkruisingen</b>	voldoende	voldoende
voldoende	geen oordeel	geen oordeel
geen oordeel	n.v.t./niet maatgevend	n.v.t./niet maatgevend
<b>Bomen</b>	<b>Gasleidingen</b>	<b>Riolering</b>
voldoende	voldoende	voldoende
geen oordeel	geen oordeel	geen oordeel
n.v.t./niet maatgevend	n.v.t./niet maatgevend	n.v.t./niet maatgevend

Profiel 40.55



Legenda		
	hectometerpalen	
<b>Grote leidingkruisingen</b>		
	voldoende	
	geen oordeel	
<b>Bomen</b>		
	voldoende	
	geen oordeel	
	n.v.t./niet maatgevend	
<b>Opstallen</b>		
	voldoende	
	geen oordeel	
	n.v.t./niet maatgevend	
<b>Gasleidingen</b>		
	voldoende	
	geen oordeel	
	n.v.t./niet maatgevend	
<b>Waterleiding</b>		
	voldoende	
	geen oordeel	
	n.v.t./niet maatgevend	
<b>Riolering</b>		
	voldoende	
	geen oordeel	
	n.v.t./niet maatgevend	

## 7 Grondlaagopbouw en laageigenschappen

### 7.1 Achterland

De grondlaagopbouw is eerder bepaald met behulp van sonderingen en boringen ten behoeve van de toetsing van de dijk. De geotechnische lengteprofielen die in het kader van de toetsing zijn uitgevoerd zijn opgenomen in map 4.1.

In het kader van de POVM Beter benutten Actuele Sterkte en het project KIJK is aanvullend grondonderzoek uitgevoerd. Dit onderzoek is apart gerapporteerd en staat niet bij de meegeleverde files.

### 7.2 Dijk

Er is geen aanvullende informatie ten opzichte van dat in paragraaf 7.1.

### 7.3 Voorland

Er is geen aanvullende informatie ten opzichte van dat in paragraaf 7.1.

## 8 Schadebeelden

Een bewezen sterkte analyse kan alleen worden toegepast als de dijk de beschouwde belasting zonder noemenswaardige schade heeft overleefd.

Er zijn drie belastingen uit het verleden die potentieel kunnen worden gebruikt voor een bewezen sterkte analyse:

1. Hoogwater 1953.
2. Extreme neerslag.
3. Extreme verkeerbelastingen.

Omdat het dijkprofiel redelijk bekend is van de periode 1953 – heden, zal ook voor de analyses naar extreme neerslag en verkeersbelastingen gekeken worden naar de periode 1953 – heden.

Ad 1)

Schade als gevolg van de stormvloed van 1953 is vastgelegd middels schetsen (zie paragraaf 6.1 en map 3.1). In [1], [2] en [4] wordt in foto's en tekst een beeld geschetst van de opgetreden schade. De dijk heeft op één locatie gefaald, hier ontstond een bres en liep de achterliggende polder onder water. De schadebeelden zijn verder vooral het gevolg van erosie van het buitentalud door golfwerking en van het binnentalud door zowel erosie door golfoverslag en/of overloop als het oppervlakkig afschuiven van de bovenste grondlaag als gevolg van infiltratie. In enkele gevallen is een groot deel van het profiel aangetast en kan niet helemaal worden uitgesloten dat er sprake is geweest van macro-instabiliteit. In de literatuur wordt echter, voor zover nagegaan, niet gesproken over het afschuiven in de vorm van macro-instabiliteit. Indien de dijk alleen is beschadigd door erosie en het oppervlakkig afschuiven van de toplaag in combinatie met erosie, dan is dat geen onoverkomelijk bezwaar om 'bewezen sterkte' toe te passen ten aanzien van de binnenwaartse macrostabiliteit. Het door erosie en oppervlakkig afschuiven van de toplaag aangetaste profiel is wat steiler en daardoor minder stabiel dan het oorspronkelijke profiel. Veiligheidshalve zou bij een bewezen sterkteanalyse kunnen worden uitgegaan van het oorspronkelijke profiel.

Ad 2) en 3)

Er zijn geen probleemlocaties op de dijk bekend bij de beheerder. Geen plekken met doorgaande vervormingen leidend tot scheuren in de dijk en benodigde reparaties aan de wegverharding op de kruin. De zware transporten en neerslag in de afgelopen jaren hebben niet geleid tot schade waardoor 'bewezen sterkte' niet zou kunnen worden toegepast.

## 9 Conclusies

Voor het uitvoeren van een bewezen sterkte analyse voor de dijk langs de Hollandse IJssel aan de kant van de Krimpenerwaard zijn (historische) gegevens verzameld, geanalyseerd en samengevat. Het onderzoek naar de historische gegevens is gericht op vier geselecteerde profielen die in het kader van de POVM worden onderzocht. Voor zover mogelijk zijn de gegevens langs de hele dijk verzameld. Vooralsnog zijn de profielen niet gekoppeld aan een vak(lengte) rondom het profiel. Dit zal in het kader van de bewezen sterkteanalyse worden gedaan.

De rapportage bevat een samenvatting van de verzamelde gegevens. De achterliggende gedetailleerde informatie wordt digitaal meegeleverd. Hierbij is een ordening aangehouden zoals aangegeven in Hoofdstuk 3.

Drie belastingen zijn mogelijk interessant voor het uitvoeren van een bewezen sterkte analyse:

- 1 Hoogwater van 1953 NAP +3,75 m, waarschijnlijk gepaard met golfoverslag en overloop.
- 2 Extreme neerslag, bijvoorbeeld 403 mm in 7 dagen gemeten bij Gouda in 1975.
- 3 Extreme verkeersbelasting, vergunning 2013: 100 ton, 36 kN/m' over 27 m.

Recente hoge waterstanden van ruim NAP + 2 m en de stormvloed van 1916 zijn vooralsnog achterwege gelaten bij het onderzoek. Het hoogwater van 1916 was minder extreem dan dat van 1953 en de toestand van de dijk was minder bekend. De dijk in zijn huidige vorm wordt met enige regelmaat belast met waterstanden van NAP +2 m en wat meer. Een voordeel is dat de geometrie van de dijk, polderpeilen et cetera nauwkeurig bekend zijn. Nadeel is echter dat deze waterstand veel lager is dan de huidige toets en ontwerppeilen. Ingeschat is dat de effectiviteit van deze belasting bij een bewezen sterkte onderzoek veel kleiner is dan die van het hoogwater van 1953. Vooralsnog zijn recente beperkte hoogwaters daarom buiten beschouwing gelaten. Als in het kader van de bewezen sterkteanalyse stabiliteitsberekeningen worden gemaakt voor de bepaling van de relatie tussen stabiliteit of faalkans en waterstand (fragility curves), dan zou nog kunnen blijken dat lagere, meer voorkomende, hoogwaters, tegen de dijk in de huidige vorm, toch een bijdrage kunnen leveren.

Alle drie de belastingen zijn door de dijk weerstaan, met uitzondering van één doorbraak tijdens de stormvloed van 1953. De stormvloed heeft wel geleid tot schade over grote delen van de dijk, maar ook lang niet overal (Hoofdstuk 8 en paragraaf 6.1). Bovendien bestond een aanzienlijk deel van de schade uit oppervlakkige erosie en, mogelijk, oppervlakkig afschuiven van de dijk door infiltratie van water in de toplaag van de dijk. Dit zijn andere mechanismen dan macrostabiliteit binnenwaarts en daarom minder van belang bij het uitvoeren van een bewezen sterkte analyse voor macrostabiliteit.

Extreme neerslag en een extreme verkeersbelasting hebben niet geleid tot schade.

### 9.1 Hoogwater 1953

Verwacht wordt dat de gevonden informatie voldoende volledig en nauwkeurig is om voor drie van de vier profielen een bewezen sterkte analyse uit te voeren gebruikmakend van het hoogwater van 1953.

De belasting (hoogwater en verloop hiervan), de geometrie van de dijk op dat moment en het polderpeil op dat moment zijn op basis van de gevonden informatie niet exact bekend, maar vrij goed te schatten.

De uitzondering is profiel 33.46, waar het binnentalud wordt gevormd door een constructie waarvan de omvang en aard niet bekend is. Vooral de situatie in 1953, toen de wand mogelijk nog deel uitmaakte van een bouwwerk (of toen een afschermconstructie vormde voor een bouwwerk) heeft een grote onzekerheid, terwijl dit wel van groot belang kan zijn voor de stabiliteit van de dijk. Deze combinatie van grote onzekerheid en grote invloed zorgt ervoor dat er eerst meer bekend moet worden over deze constructie voordat hier een succesvolle updated reliability analyse kan worden uitgevoerd.

## 9.2 Extreme neerslag

Neerslaggegevens van de periode 1950 - heden zijn bekend bij een meetstation Gouda. In deze periode zijn een aantal keer vrij extreme hoeveelheden neerslag gemeten, onder andere in de zomer van 1975. Indien uit momenteel gemeten waterspanningen in de vier geselecteerde profielen kan worden afgeleid in hoeverre de waterspanningen in de dijk reageren op neerslag, dan kan de extreme neerslag van 1975 worden gebruikt in een bewezen sterkte analyse.

De dijk is tussen 1975 en heden, met uitzondering van autonome bodemdaling en kruindaling, niet veranderd in de geselecteerde profielen. De geometrie van de dijk en de polderpeilen kunnen waarschijnlijk met voldoende nauwkeurigheid worden geschat aan de hand van de beschikbare gegevens.

Uitzondering vormt wederom het profiel 33.46, waar het binnentalud wordt gevormd door een constructie waarvan de omvang en aard niet bekend is.

## 9.3 Verkeersbelasting

De grootste verkeersbelasting (zie paragraaf 5.1) was voor zover aan de hand van vergunningen is nagegaan een transport van 100 ton. Deze is over de dijk gegaan (heen en weer) bij de geselecteerde profielen 36,95 en 40,55.

Het transport was in 2010, de toestand van de dijk was gelijk aan de huidige toestand.

Deze informatie kan voor de genoemde profielen worden gebruikt in een bewezen sterkte analyse.

Bij de andere twee profielen zijn vooralsnog geen zware transporten bekend. Mogelijk dat de details van de andere twee bekende ontheffingen nog zijn te achterhalen en zijn deze wel langs de andere profielen gekomen.



## 10 Referenties

- [1] Mensen in een Waard vol Wind en Water, De geschiedenis van de waterhuishouding in de Krimpenerwaard, ISBN 90-6550-837-6, Uitgeverij Verloren bv 2004.
- [2] VERSLAG OVER DE STORMVLOED VAN 1953, Samengesteld door de Rijkswaterstaat en het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, Staatsdrukkerij en uitgeverijbedrijf 's-Gravenhage 1961.
- [3] Bodemdalingskaarten, G. de Lange en J.L. Gunnink, Deltares, 27-5-2011.
- [4] De Stormvloedramp van 1 februari 1953, Crempene Historische Vereniging van Krimpen aan de Lek, 2003 uitgave 2, EconoPrint Rotterdam, ISBN 90-806857-2-0.
- [5] Technisch Rapport Actuele Sterkte van Dijken, Expertisenetwerk Waterveiligheid ENW, 27 maart 2009.
- [6] Rozing, A.P.C., POVM Beter benutten actuele sterkte, Activiteit 2 – keuze van het proeftraject en gevoeligheidsanalyses, augustus 2016.

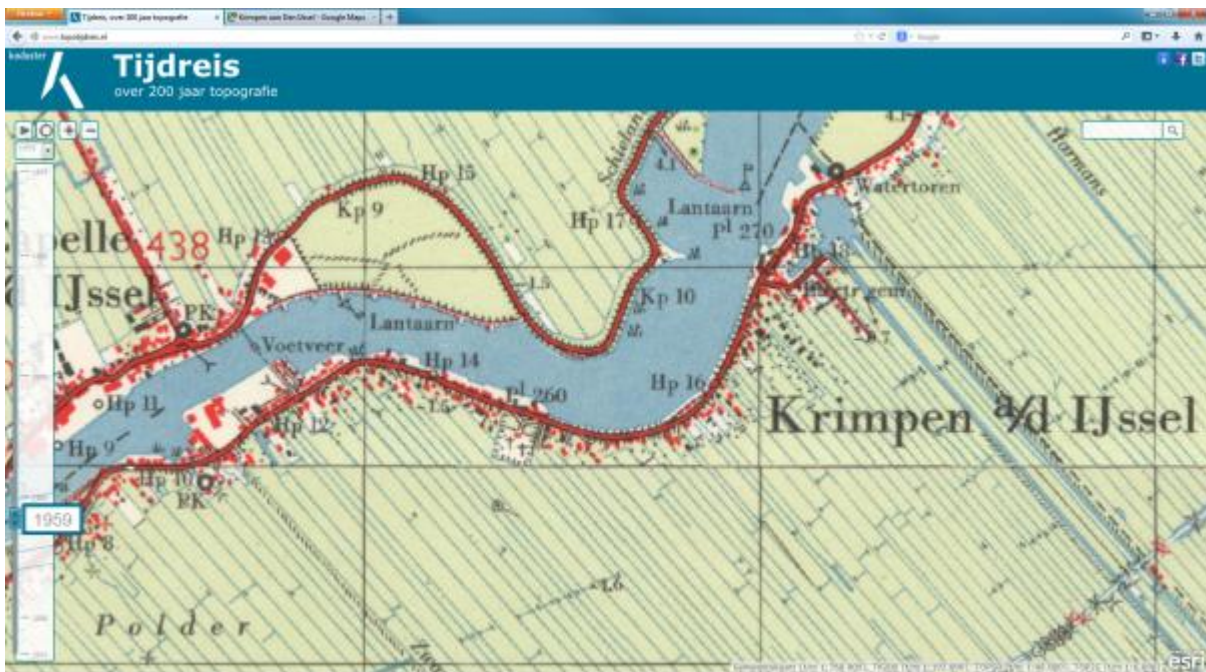
## Bijlage A

Topotijdreisprofiel 26.275

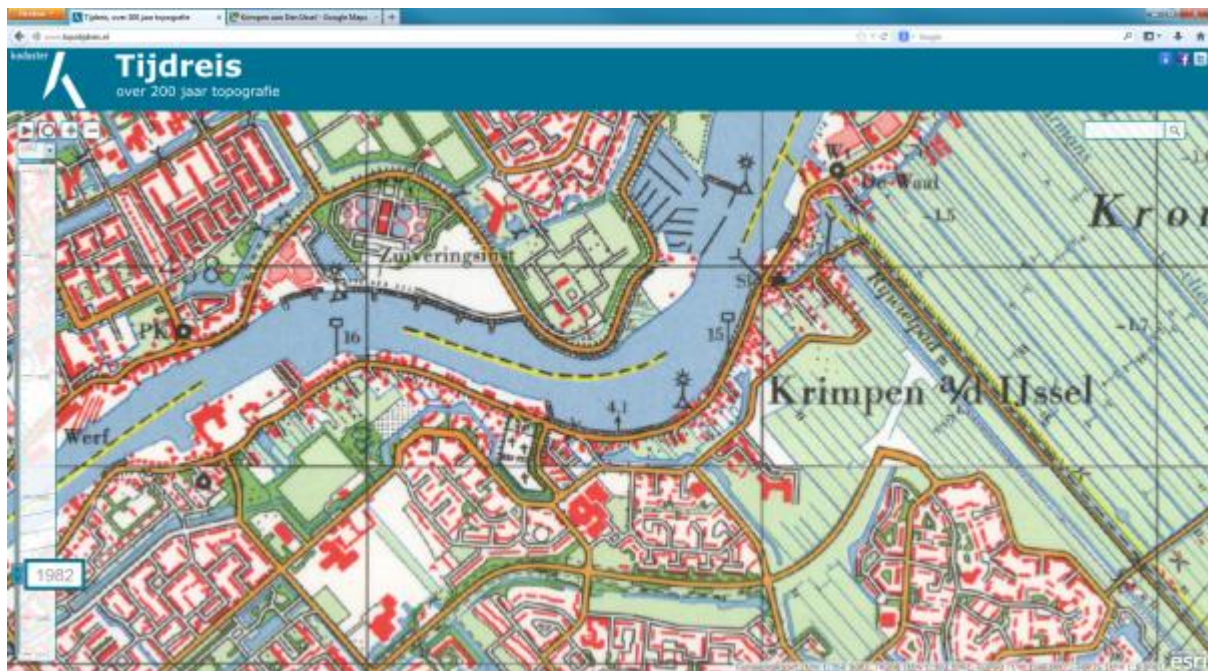
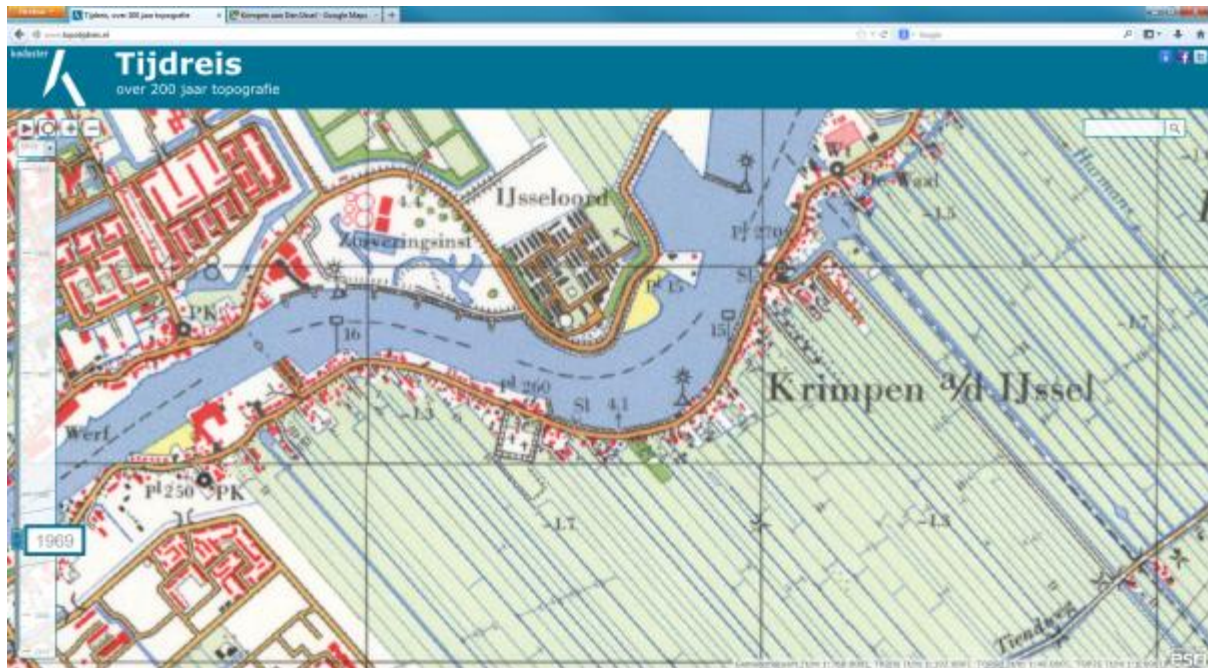
Q-gis Topografische kaart



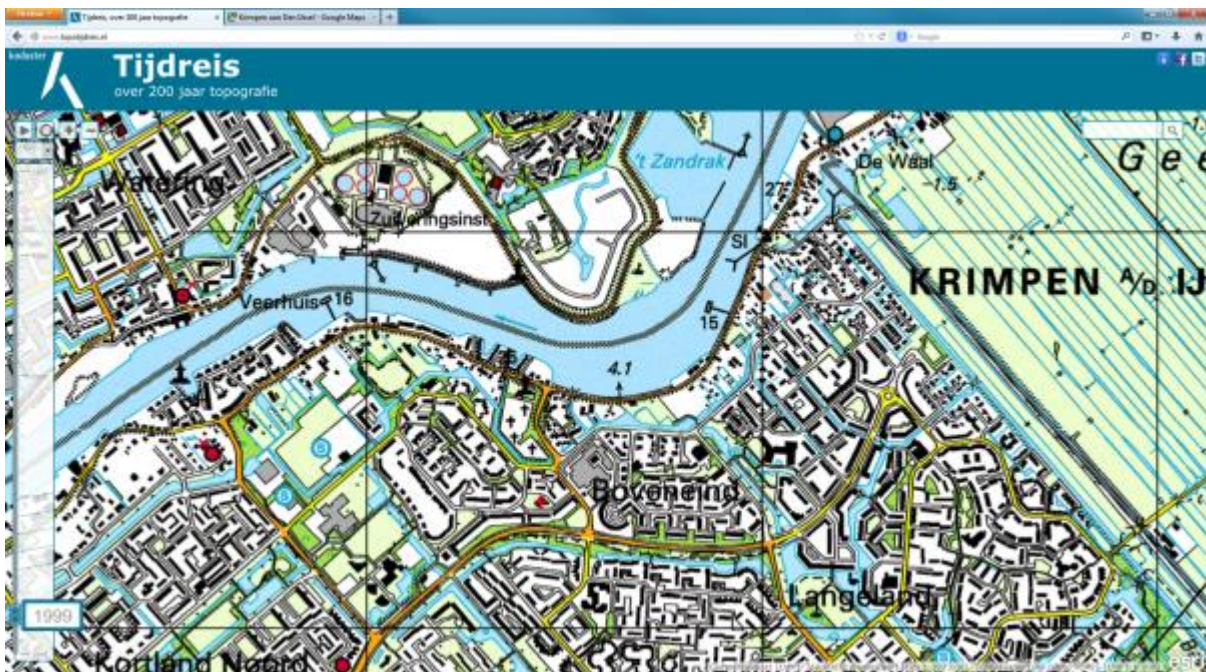
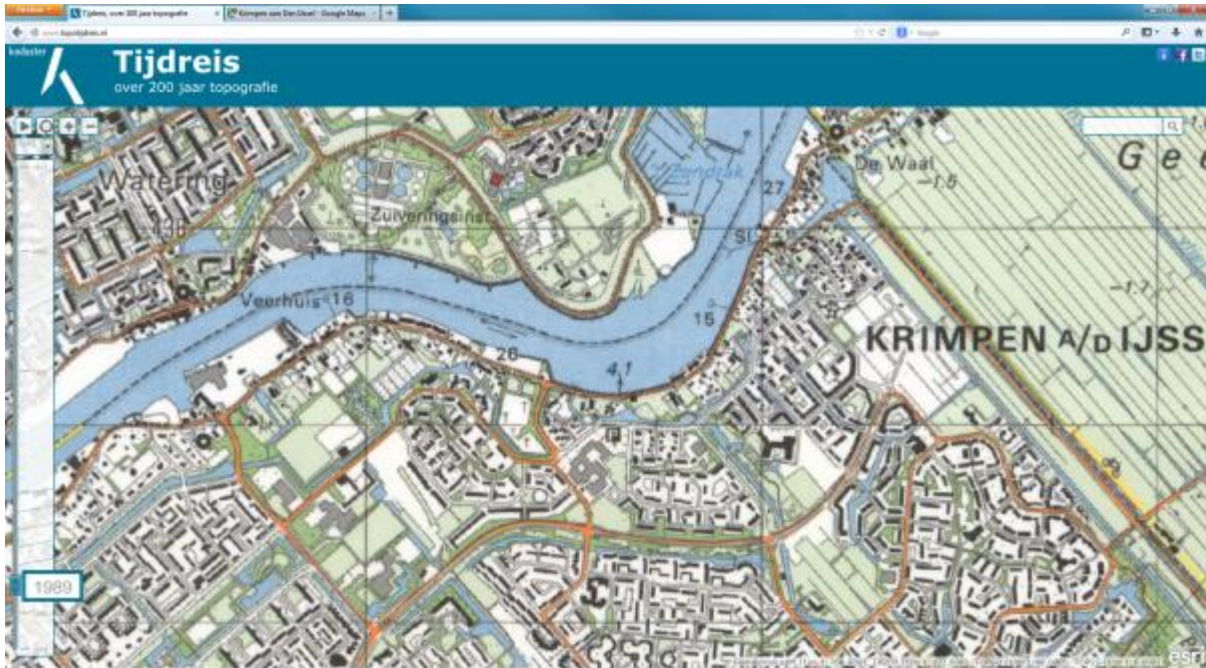
Topografische kaarten in de loop der tijd van [www.topotijdreis.nl](http://www.topotijdreis.nl)

















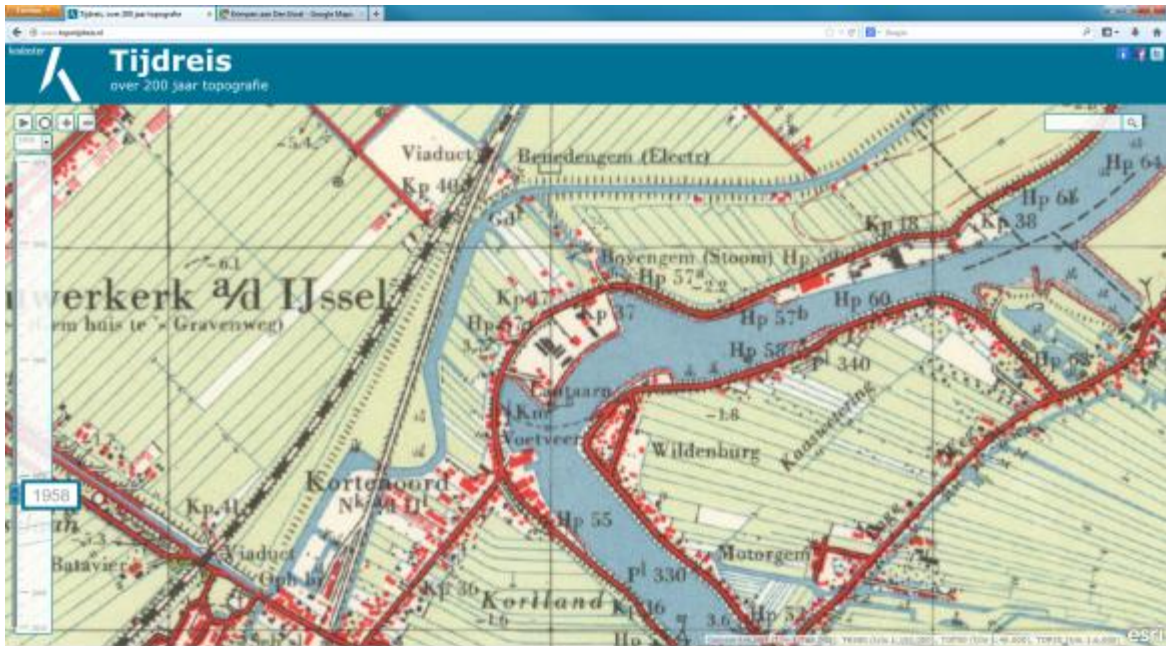
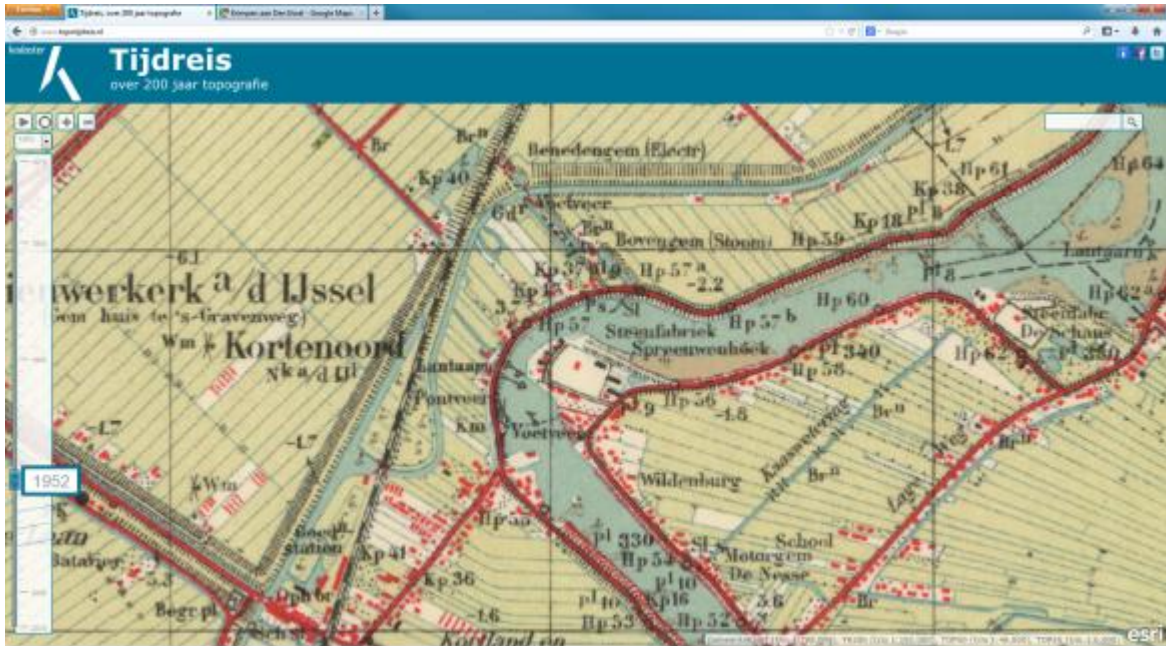
## Bijlage B

Topotijdreis profiel 33.462

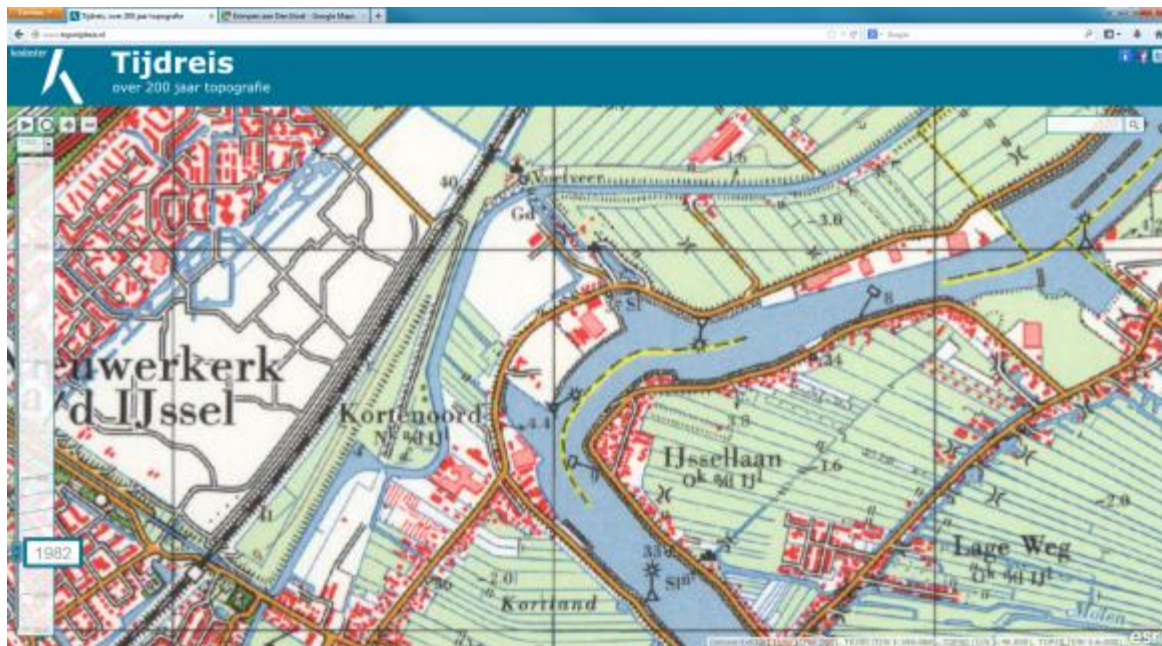
Q-gis Topografische kaart



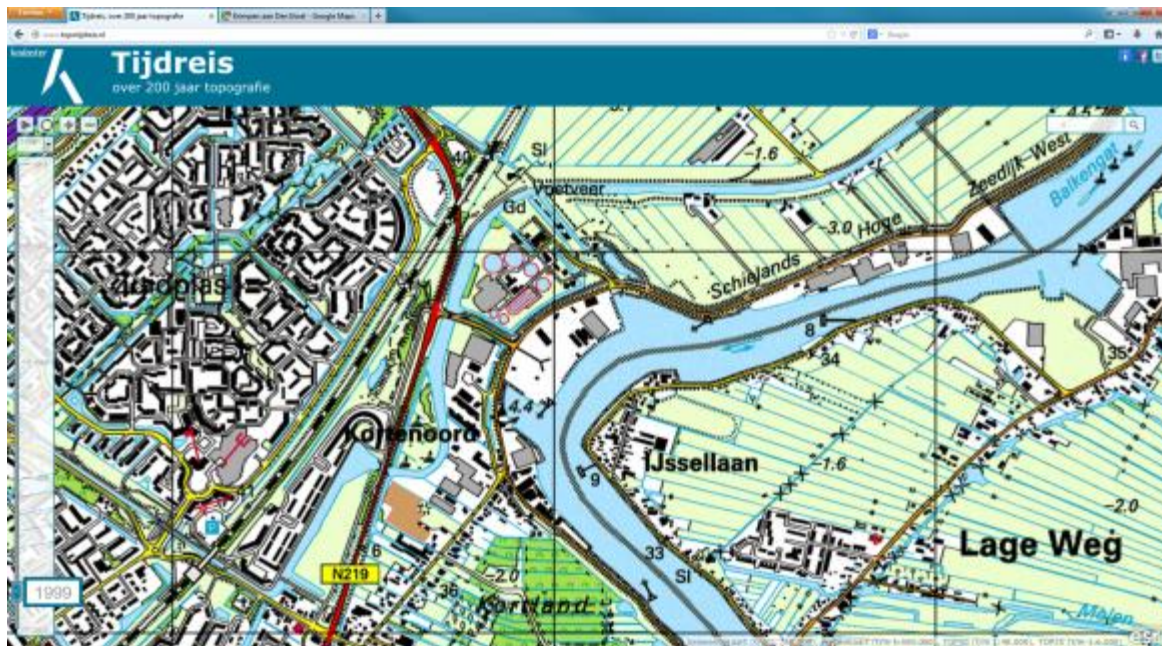
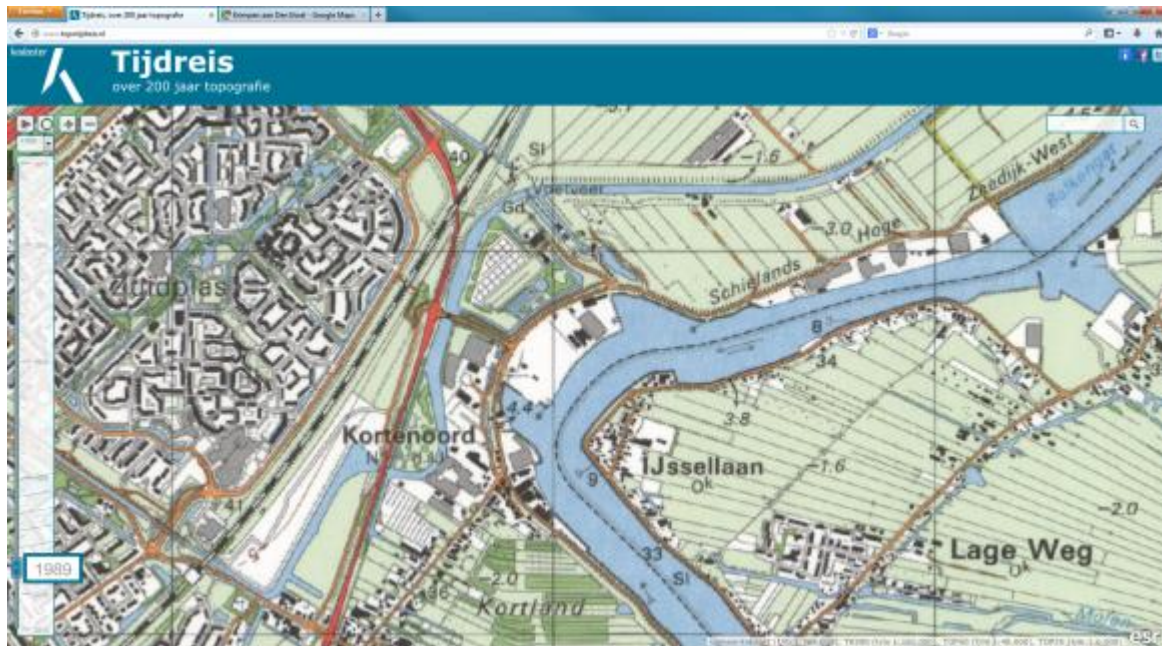
Topografische kaarten in de loop der tijd van [www.topotijdreis.nl](http://www.topotijdreis.nl)











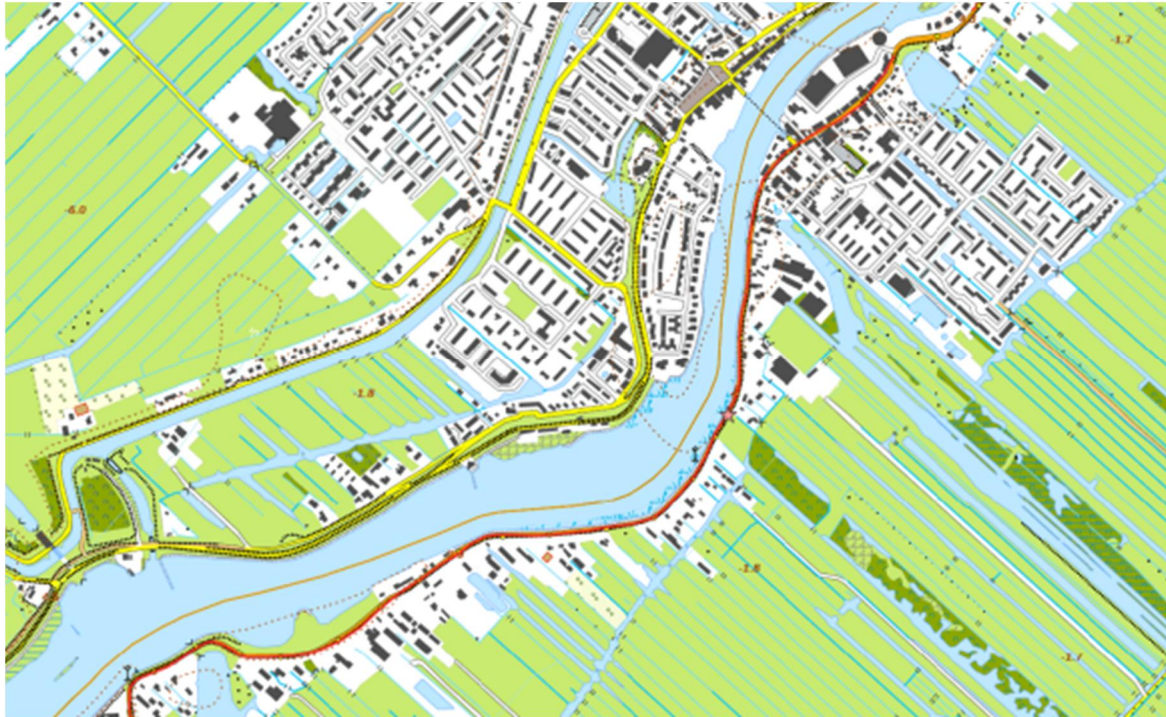




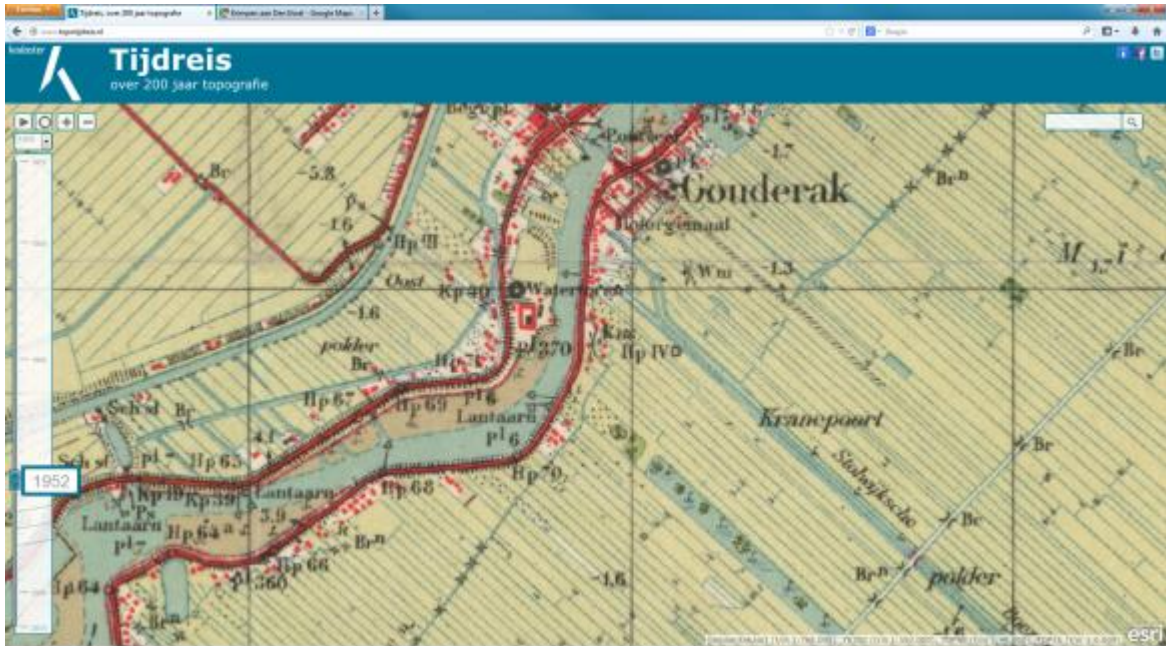
## Bijlage C

Topotijdreis profiel 36.951

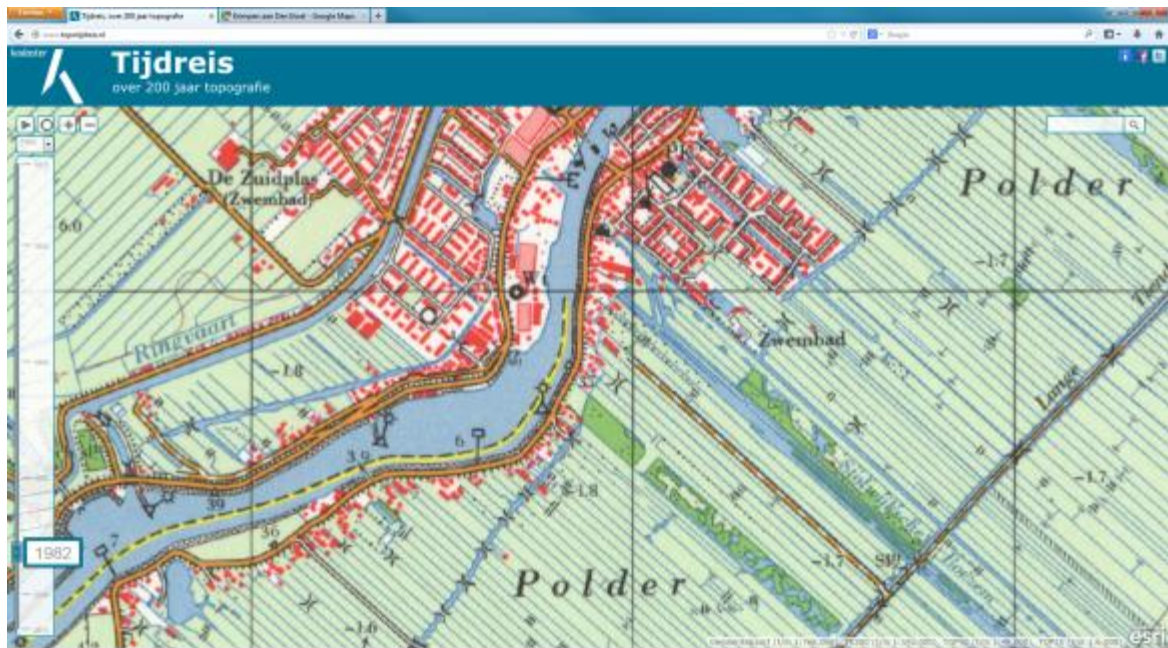
Q-gis Topografische kaart



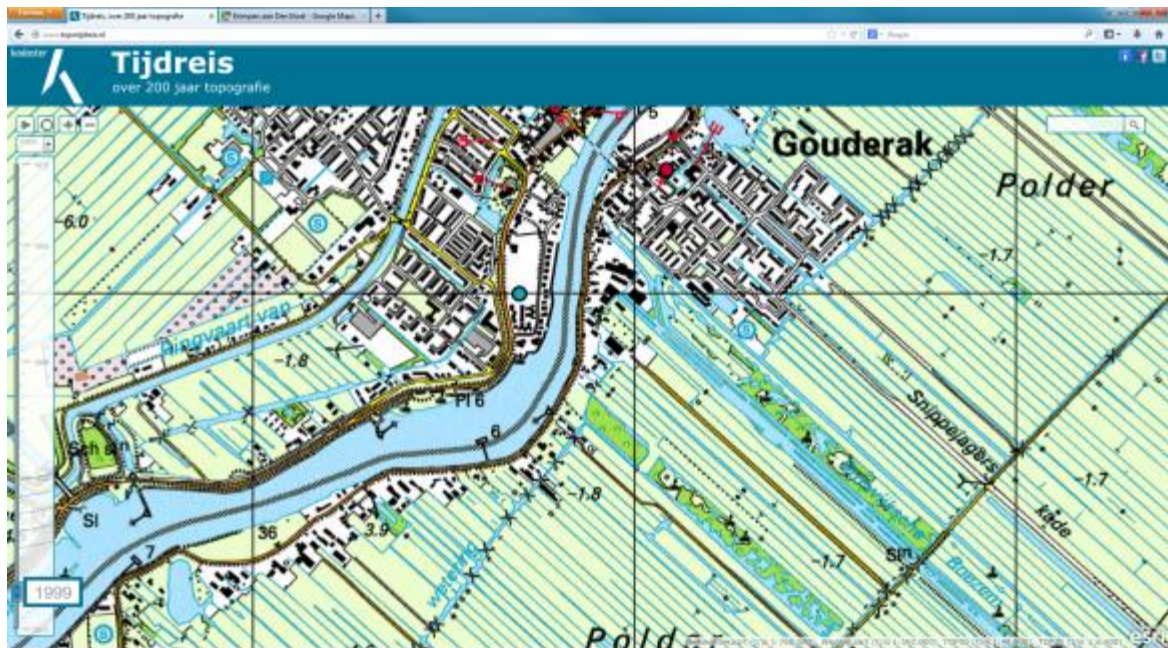
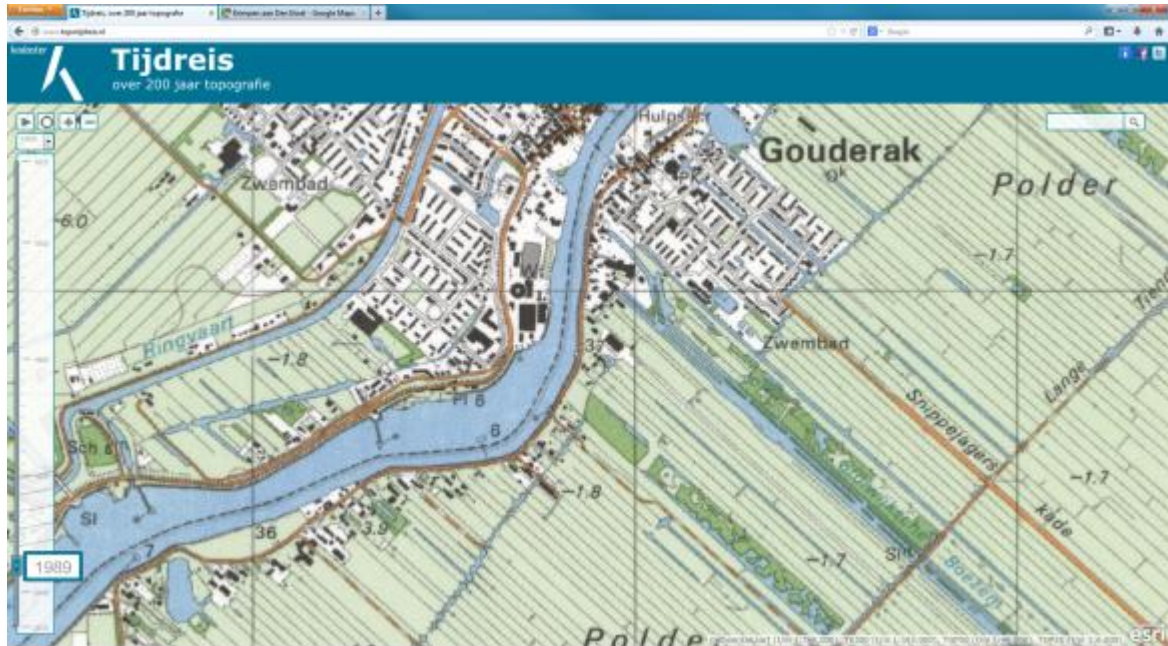
Topografische kaarten in de loop der tijd van [www.topotijdreis.nl](http://www.topotijdreis.nl)

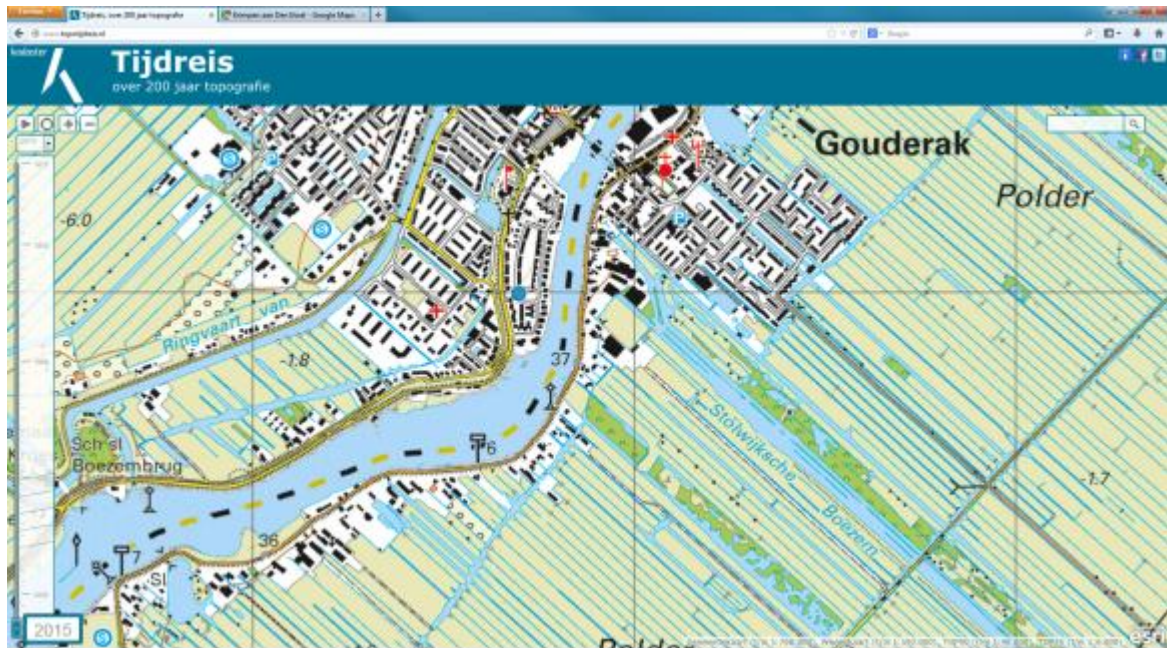














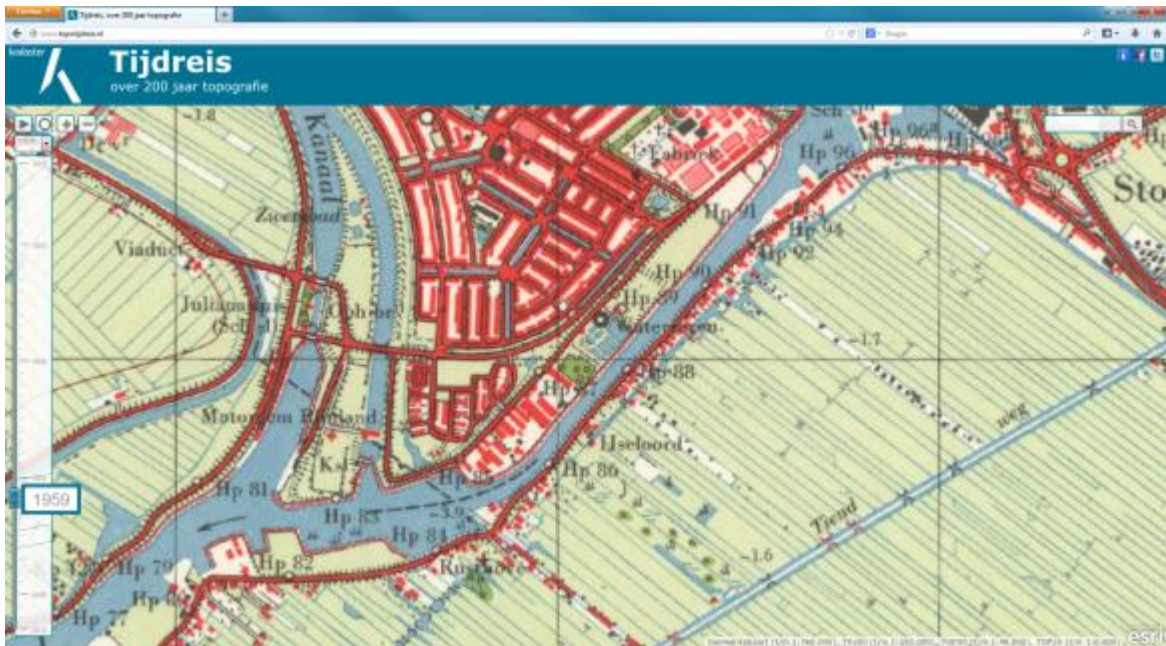
## Bijlage D

Topotijdreis profiel 40.55

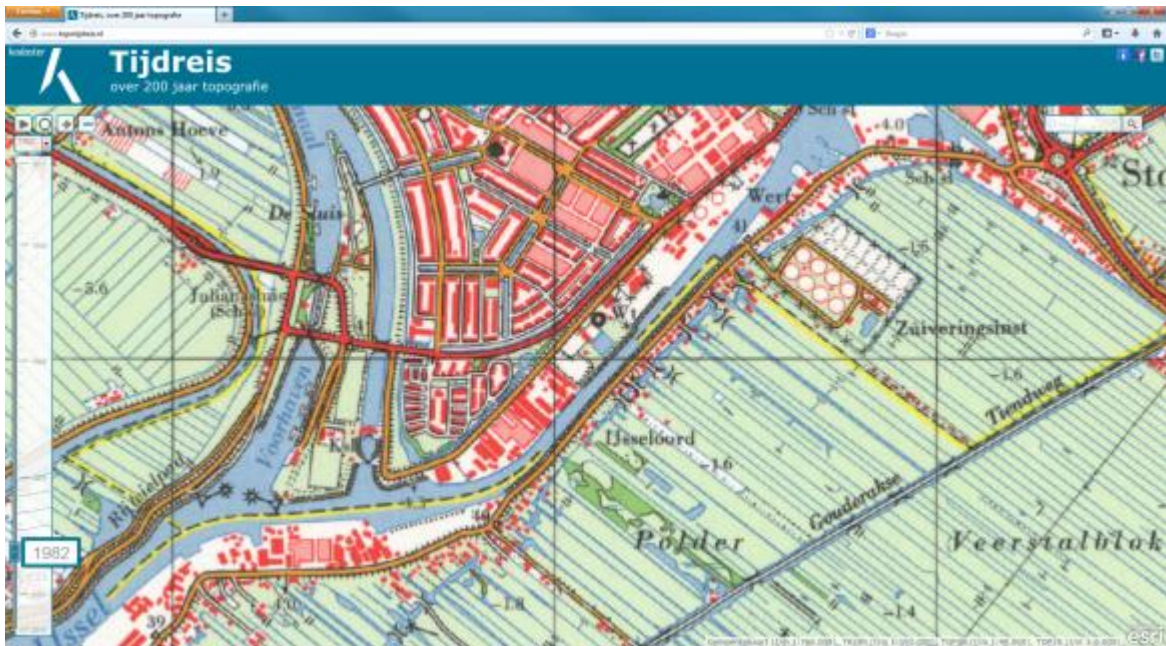
Q-gis Topografische kaart



Topografische kaarten in de loop der tijd van [www.topotijdreis.nl](http://www.topotijdreis.nl)















## Bijlage E

### Grove schatting overloop- en golfoverslagdebiet tijdens hoogwater 1953

Een zeer grove schatting van de golven tijdens het hoogwater van 1953 kan worden gemaakt met behulp van de golfformules van Brettschneider of Young en Verhagen. Voor de benodigde windsnelheid wordt uitgegaan van 20 m/s uit Noordwestelijke richting. Dat is 4 m/s lager dan het uurgemiddelde voor station Hoek van Holland [2]. Verondersteld wordt dat het uurgemiddelde van de windsnelheid landinwaarts lager ligt dan aan de kust bij Hoek van Holland. Uitschieters in de windsnelheid bij Hoek van Holland waren overigens ruim boven de 30 m/s. De karakteristieke waterdiepte is geschat aan de hand van het kaartmateriaal uit 1907 – 1924. De strijklengte is geschat aan de hand van kaartmateriaal van [www.topotijdreis.nl](http://www.topotijdreis.nl). De ligging van de IJssel geul en voorlanden was in 1953 anders dan in de huidige situatie. Benadrukt wordt dat het gaat om een zeer grove schatting van de golfhoogte (Tabel F1.1 en Tabel F1.2).

Profiel	Strijklengte NW (m)	Diepte (m)	Hs (m)	Tp (s)
26.275	650	9	0,45	2,46
33.46	300	4	0,32	2,01
36.95	180	6	0,27	1,80
40.55	80	7	0,19	1,49

Tabel F1.1 Grove schatting golven tijdens hoogwater 1953 m.b.v. Brettschneider.

Profiel	Strijklengte NW (m)	Diepte (m)	Hs (m)	Tp (s)
26.275	650	9	0,26	1,97
33.46	300	4	0,18	1,60
36.95	180	6	0,14	1,40
40.55	80	7	0,09	1,12

Tabel F1.2 Grove schatting golven tijdens hoogwater 1953 m.b.v. Young en Verhagen.

Het overslagdebiet kan worden geschat met behulp van PC-Overslag, gebruikmakend van de schattingen van de golven (Tabel F1.1 en Tabel F1.2), de taludhelling van het buitentalud, de waterstand en de kruinhoogte in 1953. Gemakshalve wordt voor deze ruwe schatting uitgegaan van loodrecht invallende golven en een glad talud (en Tabel F1.4). Er is gebruik gemaakt van de optie 'vergelijk met proeven', om een reële schatting van het overslagdebiet te krijgen en niet een hoge schatting.

De helling van het buitentalud was destijds 1V:1,5H (zie paragraaf 6.1), de kruinhoogte in 1953 is ontleend aan oude metingen (paragraaf 6.3). Er is geen rekening gehouden met opfogen met zandzakken en ander materiaal ten tijde van de stormvloed.

Profiel	Taludhelling	Kruinhoogte (mNAP)	Waterstand (mNAP)	Overslagdebiet (l/s/m)
26.275	1:1,5	4,25	3,75	10,5
33.46	1:1,5	4,05	3,75	9,9
36.95	1:1,5	3,95	3,75	12,8
40.55	1:1,5	3,65	3,75	54 (overloop)

Tabel F1.3 Grove schatting golfoverslagdebiet tijdens de piek van het hoogwater van 1953 (golven Brettschneider).

Profiel	Taludhelling	Kruinhoogte (mNAP)	Waterstand (mNAP)	Overslagdebiet (l/s/m)
26.275	1:1,5	4,25	3,75	0,6
33.46	1:1,5	4,05	3,75	0,6
36.95	1:1,5	3,95	3,75	0,8
40.55	1:1,5	3,65	3,75	54 (overloop)

Tabel F1.4 Grove schatting golfoverslagdebiet tijdens de piek van het hoogwater van 1953 (golven Young en Verhagen).

Bij profiel 40.55 was de waterstand hoger dan de kruinhoogte en trad overloop op. Met behulp de formule voor een lange volkomen overlaat, kan een grofstoffelijke schatting worden gegeven van het debiet tijdens de piek van het hoogwater. Het energieniveau buiten de dijk ligt op 0,1 m ten opzichte van het kruinniveau. De waterlaagdikte van de kritisch stroming is  $2/3 \cdot 0,1 = 0,067$  m. De stroomsnelheid op de kruin is gelijk aan  $(g \cdot 0,067)^{0,5} = 0,8$  m/s. Het specifieke debiet is de laagdikte keer de stroomsnelheid is gelijk aan 54 l/s/m. Benadrukt wordt dat de schatting zeer grof is.

Vervolgens is het van belang in hoeverre het slootpeil daar ter plaatse niet fors is toegenomen. Voor de bewezen sterkte analyse is het veilig om aan te nemen dat tijdens de 1953 het slootpeil is gestegen.