

## Berekening grond dam vervangende waterkering

Aanpassen Waterhuishouding Waalwijk

**Documentcode**

194104792-00230

**Status**

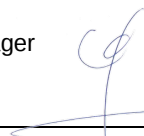
Definitief

**Datum**

30-04-2020

**Versie**

1.0

|                                                   |                                                                                     |                                          |                                                                                     |                                |                                                                                      |                |  |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--|
| Opgesteld door:<br>Monique Sanders                |                                                                                     | Gecontroleerd door:<br>Bram Wouters      |                                                                                     | Vrijgegeven door:<br>I. Netten |                                                                                      | Ter acceptatie |  |
| Projectrol:<br>Sr. Geotechnisch adviseur<br>RHDHV |                                                                                     | Projectrol:<br>Technisch Manager Ontwerp |                                                                                     | Projectrol:<br>Projectmanager  |                                                                                      | Opdrachtgever  |  |
| Paraaf:                                           |  | Paraaf:                                  |  | Paraaf:                        |  | Paraaf:        |  |
| Datum:                                            | 30-04-2020                                                                          | Datum:                                   | 30-04-2020                                                                          | Datum:                         | 06-05-2020                                                                           | Datum:         |  |

## Notitie

**HaskoningDHV Nederland B.V.**  
**Transport & Planning**

Aan: B. Wouters  
Van: Antoine Gori en Monique Sanders  
Datum: 30 april 2020  
Kopie: L. van Oldeniel  
Ons kenmerk: BG9688\_T&P\_NT\_2004281102  
Classificatie: Project gerelateerd  
Goedgekeurd door: Monique Sanders

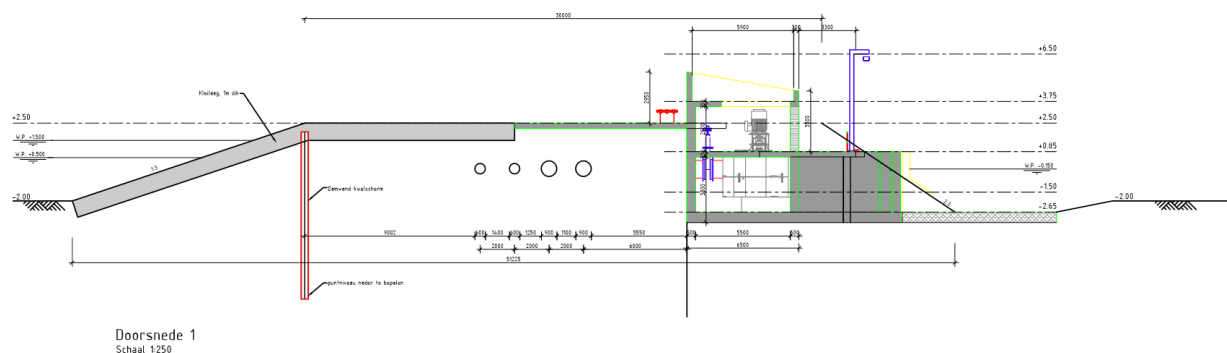
**Onderwerp: Resultaten DO-sterkteberekening keerwand t.h.v. vervangende waterkering**

## 1 Inleiding

In voorliggende notitie zijn de eindresultaten gepresenteerd van de DO-sterkteberekeningen van de vervangende waterkering.

De uitgangspunten volgen uit het uitgangspuntenrapport "Aanpassing Waterhuishouding Waalwijk; Uitgangspunten m.b.t. geotechnische werkzaamheden object 1: Dam"; Referentie: BG9688\_T&P\_RP\_2004300918; datum: 30 april 2020.

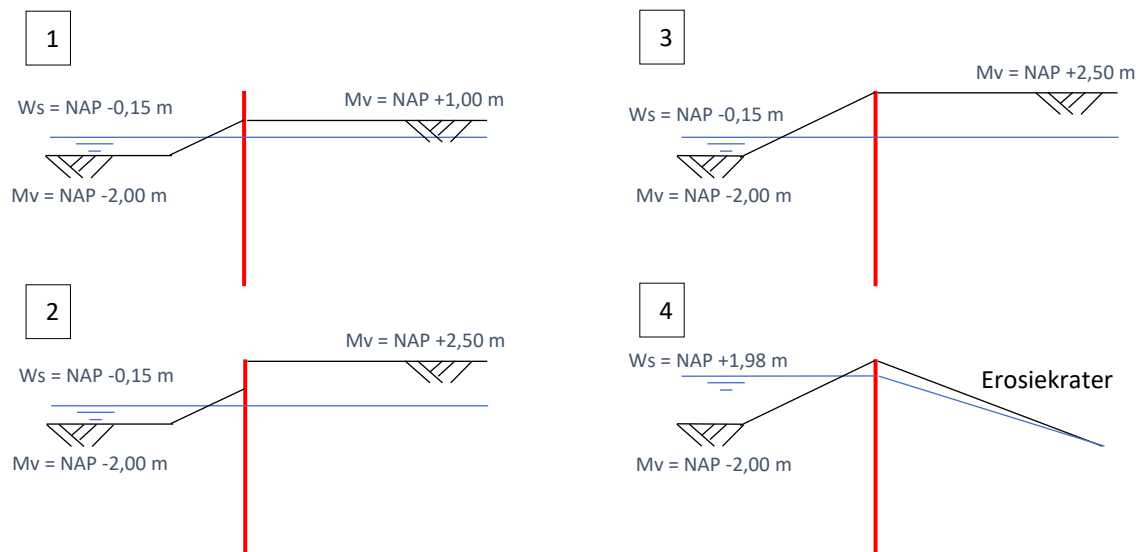
De damwand bevindt zich over de gehele lengte in de buitenkruinlijn van de dam ten westen van het gemaal, zie in onderstaande figuur het dwarsprofiel van de dam ter hoogte van het gemaal met aan de linkerzijde in de kruinlijn de vervangende waterkering.



Figuur 1 Dwarsprofiel dam met in de doorsnede de vervangende waterkering, leidingen en het gemaal

De bovenkant van de damwand bevindt zich op NAP +2,5 m en de bodem van het kanaal (teen van het talud) aan de westzijde van de dam ligt op NAP -2,0 m.

In onderstaande figuur is de bouwfasering voor de berekeningen weergegeven. Er wordt eerst een grondlichaam aangelegd van de dam tot NAP +1,0 m. Vervolgens wordt vanaf maaiveld NAP +1,0 m de damwand geplaatst. Daarna wordt de dam opgehoogd tot NAP +2,5 m. Het buitentalud wordt afgewerkt als de damwand geplaatst is en de dam op hoogte ligt. Het bezwijken van een persleiding met als gevolg een erosiekrater wordt als laatste stap van de bouwfasering beschouwd.



Figuur 2 Fasering vervangende waterkering

## 2 Bodemopbouw

De bodemopbouw is gebaseerd op de maatgevende sondering DMKP 6 uit het grondonderzoek van Fugro september 2018, zie het uitgangspuntenrapport. In Bijlage A is de sondering opgenomen. Voordat het grondlichaam van de dam wordt aangebracht wordt eerst het kanaal gebaggerd tot een niveau van NAP -2,0m. Het zandmateriaal van de dam is in onderstaande tabel gedefinieerd als dijkmateriaal zand.

Tabel 1 Representatieve bodemopbouw eindsituatie

| Grondsoort         | Dikte [m] | Bovenkant laag {NAP + .. m} | Onderkant laag {NAP + .. m} |
|--------------------|-----------|-----------------------------|-----------------------------|
| Dijkmateriaal klei | 1,0       | +2.5 m                      | +1.5 m                      |
| Dijkmateriaal zand | 3,5       | +1,5 m                      | -2,0 m                      |
| Zand, siltig       | 5.7       | - 2.0 m                     | --                          |

De sterkte-eigenschappen zijn opgenomen in het uitgangspuntenrapport. Voor de bestaande zandondergrond en de aangebrachte zandkern van de dam is matig vastgepakt zand aangenomen met betrekking tot de k-waarde. Voor het buitentalud is een losgepakt zand aangenomen.

## 3 Erosiekrater

De afmetingen van de erosiekrater zijn opgenomen in het uitgangspuntenrapport. De diameter is gebaseerd op de gedetailleerde berekeningsmethode conform NEN3651-2020 en is 9 meter breed vanaf de kern van de meest West-gelegen leiding. De diepte bedraagt 3,24 meter vanaf de kruin van de dam.

## 4 Dimensies

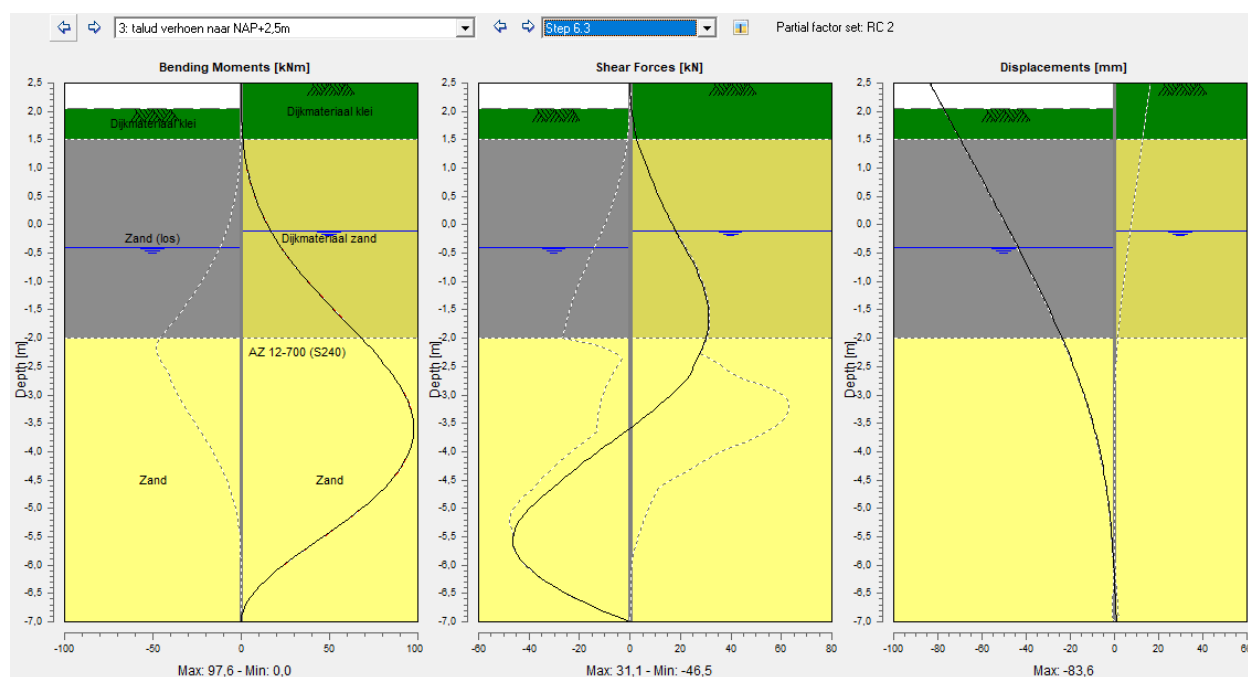
In de sterkteberekeningen is gekozen voor een damwandplank type AZ12-700 (S240) met een lengte van 9,5 m. Het paalpuntniveau ligt daarmee op NAP – 7,0 m.

## 5 Berekeningsresultaten

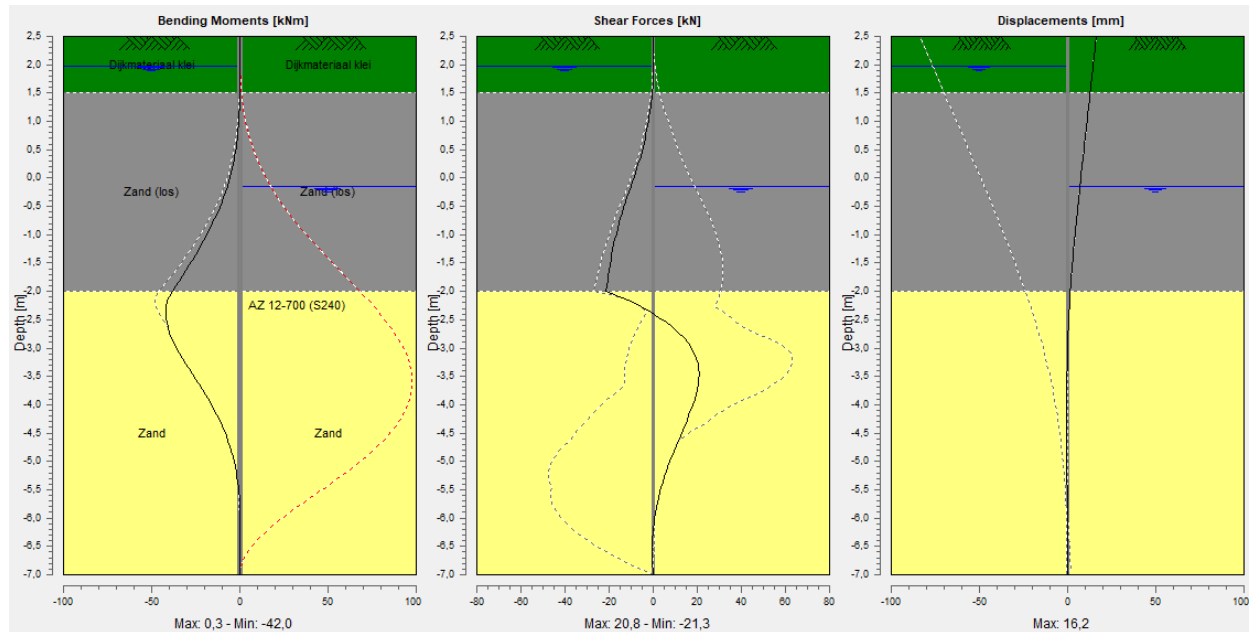
De berekening is uitgevoerd met behulp van D-Sheetpiling versie 18.2.1.20477 (Deltares Software). De damwand is berekend conform de *Eurocode NEN9997-1+C1* met betrouwbaarheidsklasse RC2. De corrosietoeslag is gebaseerd op de Eurocode 3 – Deel 5, Tabel 4.1 en 4.2. In onderstaande tabel zijn de rekenresultaten weergegeven. In bijlage B is het rekenrapport uit D-Sheetpiling toegevoegd. In Figuur 3 en Figuur 4 zijn de maatgevende resultaten te zien van respectievelijk het maatgevend moment en maatgevende vervorming.

Tabel 2 Rekenresultaten

|          | $M_{s,d}$<br>[kNm] | $\Delta$<br>[mm] |
|----------|--------------------|------------------|
| AZ13-700 | 97,7               | 16,2             |



Figuur 3 Maatgevend moment



Figuur 4 Maatgevende vervorming

## 5.1 Controle op moment

Het maximaal toelaatbaar buigmoment  $M_{r,d}$  bedraagt 153 kNm/m inclusief corrosie. Voor de gekozen damwand geldt een berekend buigmoment  $M_{s,d}$  van 97,7 kNm/m. Hiermee wordt voldaan aan de gestelde sterkte eis.

$$\frac{M_{r,d}}{M_{s,d}} > 1,0 \quad \rightarrow \quad \text{Akkoord}$$

Naast de gepresenteerde berekening zijn er 2 gevoeligheidsberekeningen uitgevoerd waarbij het talud aan de kanaalzijde verlaagd is en er een terreinbelasting op de dam is aangebracht op NAP +1,0 m. In deze gevoeligheidsberekeningen blijft de damwand voldoen aan de vereiste sterkte.

## 5.2 Controle op verticaal draagvermogen damwand

De ondergrond bestaat uit zand, waardoor er geen negatieve kleef op de wand aanwezig zal zijn. Er is hiermee geen verticale component aanwezig die invloed heeft op het verticaal draagvermogen.

## 5.3 Controle op vervorming

De toelaatbare horizontale vervorming  $\Delta x_{max}$  bedraagt 100 mm. Voor de gekozen damwand geldt een berekend horizontaal vervorming  $\Delta x$  van 16,2 mm. De vervorming is hierbij acceptabel geacht.

$$\Delta x \leq \Delta x_{max} \quad \rightarrow \quad \text{Akkoord}$$

## 5.4 Inheibaarheid

De gekozen damwand in de berekening is AZ12. Op sterkte voldoet deze damwand. De aannemer dient zelf te toetsen of dit profiel ingebracht kan worden.

## 5.5 Onderloopsheid

Onder een damwand of kunstwerk kunnen geconcentreerde kwelstromen ontstaan die uiteindelijk kunnen resulteren in uitspoeling van materiaal uit de ondergrond.

Voor de volledigheid is dit beschouwd door de toets op Heave uit te voeren na het optreden van een erosiekrater tijdens een extreem hoog water.

$$i = \frac{\varphi_o - h_p}{d} < i_c$$

Waarin:

- i        Het berekende verhang over de verticale lengte van de teen van de damwand tot het maaiveld
- $i_c$       Kritieke verticale verhang
- $\varphi_o$      Stijghoogte in de teen van de damwand [NAP + .. m]
- $h_p$       Polderpeil ter hoogte van het maaiveld [NAP + .. m]
- d        Lengte van de teen van de damwand tot het uittredepunt op maaiveldniveau [m]

De teen van de damwand ligt op NAP -7,0 m. Voor het gemak wordt als maaiveldniveau de diepte van de erosiekrater genomen die op NAP -0,75 m. Hieruit volgt  $d = 6,25$  m. Dit is een conservatief uitgangspunt.

Voor de stijghoogte in de teen van de damwand wordt NAP 1,98 m aangenomen en in de erosiekrater wordt de waterdruk op NAP + 0,0 m gezet.

Hieruit volgt:  $i = \frac{1,98 - 0}{6,25} = 0,32 < 0,5$

Het risico op onderloopsheid en daaruit volgend verplaatsing van materiaal wordt voldoende klein geacht. Aan de toets op heave wordt voldaan.

## 6 Conclusie

Op sterkte voldoet een damwandprofiel AZ12-700 (S240) met een paalpuntniveau op NAP -7,0 m. Echter er bestaat een risico dat de planken niet op diepte gebracht kunnen worden gezien het lichte profiel in combinatie met de conusweerstand in de ondergrond (die gemeten is op enige afstand).

Aandachtspunt bij de berekening is om tot een dergelijk licht profiel te komen, moet de damwand geplaatst worden als aan beide zijden van de damwand zand ligt tot NAP 1,0 m. Als dit niet het geval is, zal de uitvoeringssituatie voor de profielkeuze maatgevend zijn en kan niet een dit profiel volstaan worden.

Met betrekking tot inheidbaarheid is het aan de aannemer om te controleren of dit voorgestelde profiel op diepte gebracht kan worden.

Voor de spreiding van de belasting kan er gekozen worden voor een praktische maat gording.

Aan de toets op heave met betrekking tot piping en onderloopsheid wordt voldaan met een teenniveau van de damwand op NAP -7,0 m.

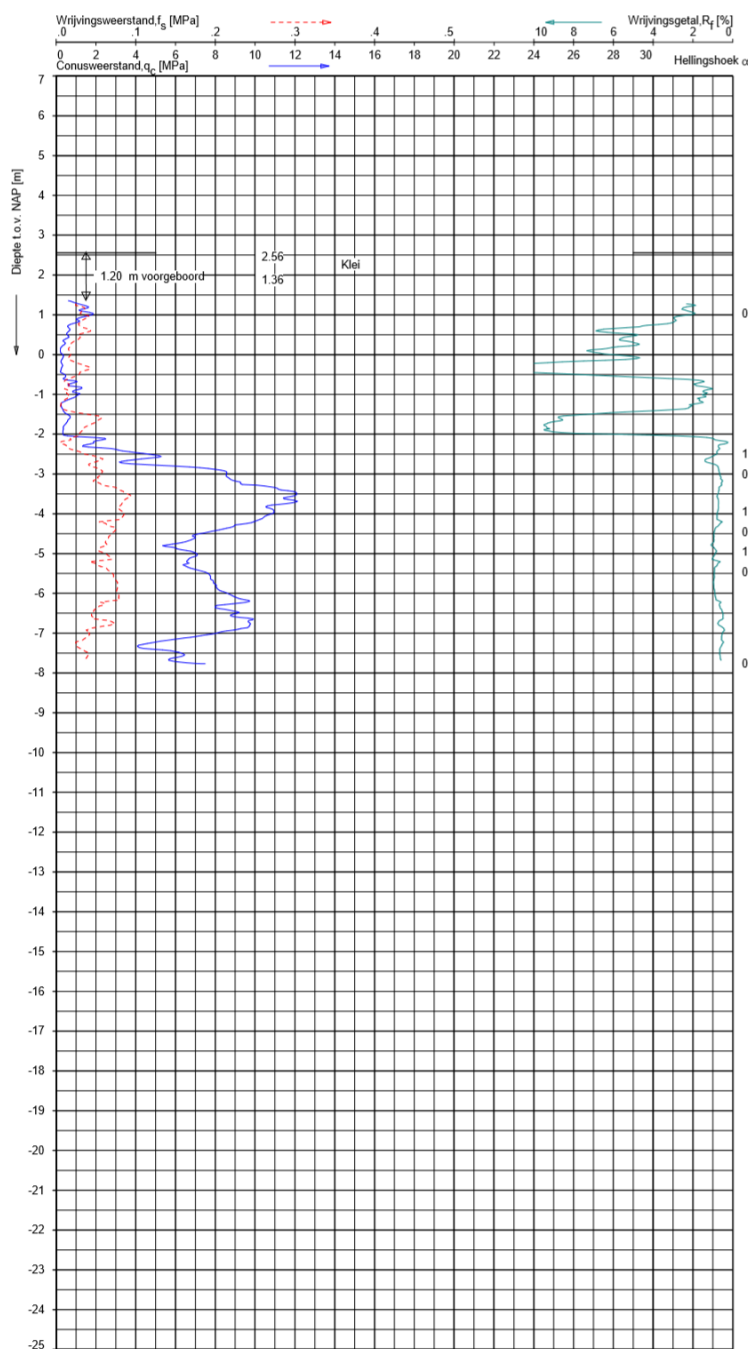
## Bijlage A: Maatgevende sondering DMKP 6, Fugro september 2018



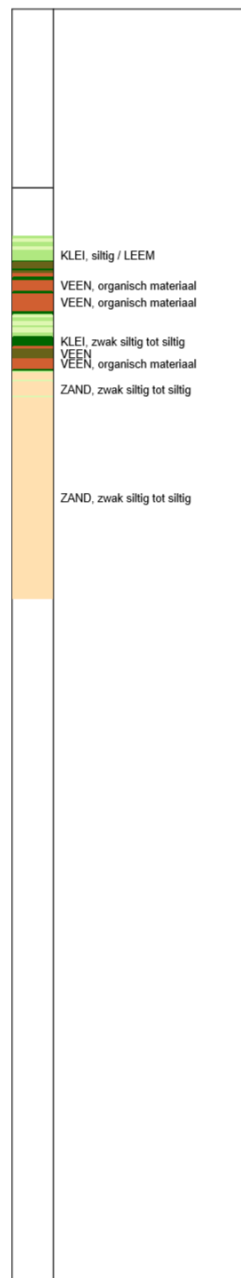
UNIPLOT CF 55.55.nl G:\F\KMP6-83.zmd / 2018-07-23 16:08:45

1218-0031-130

DKMP6 -1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
Automatisch gegenereerd uit data  
van de sondering, geldig onder  
grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: JBL d.d. 02-jul-2018 Coord.: X= 130137.4 m Y= 413174.2 m Systeem: RD  
Get.: G.BOSCH d.d. 23-jul-2018 MV= NAP +2.56 m Conus: CP15-CF75PB1SN2 1701-1700  
Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
Toetsingsklasse 2, Test type TE2  
Conus type:  $A_{cs} = 1510 \text{ mm}^2$ ;  $A_{cs} = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

ONDERZOEK TBV PROJECT WATERHUISHOUDING WAALWIJK

Opdr. 1218-0031-130  
Sond. DKMP6

## **Bijlage B: Uitdraai D-Sheetpiling berekening**

## Report for D-Sheet Piling 18.2

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls  
Developed by Deltares



Company: Royal HaskoningDHV

Date of report: 29-4-2020

Time of report: 15:16:58

Report with version: 18.2.1.20477

Date of calculation: 4/29/2020

Time of calculation: 3:13:53 PM

Calculated with version: 18.2.1.20477

File name: C:\..\vervangende\_waterkering\_dam

Verification according to National Annex of Eurocode 7 in the Netherlands (NEN 9997-1:2016)

## 1 Table of Contents

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| 1 Table of Contents                            | 2  |
| 2 Summary                                      | 3  |
| 2.1 Overview per Stage and Test                | 3  |
| 2.2 Overall Stability per Stage                | 3  |
| 2.3 CUR Verification Steps                     | 4  |
| 3 Input Data for all Stages                    | 5  |
| 3.1 General Input Data                         | 5  |
| 3.2 Sheet Piling Properties                    | 5  |
| 3.2.1 General properties                       | 5  |
| 3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)         | 5  |
| 3.2.3 Maximum allowable moments                | 5  |
| 3.3 Calculation Options                        | 5  |
| 4 Outline Stage 1: droog aanbrengen damwand    | 7  |
| 5 Outline Stage 2: dam verhogen naar NAP+2,5m  | 8  |
| 6 Outline Stage 3: talud verhoen naar NAP+2,5m | 9  |
| 7 Outline Stage 4: Erosiekrater                | 10 |

## 2 Summary

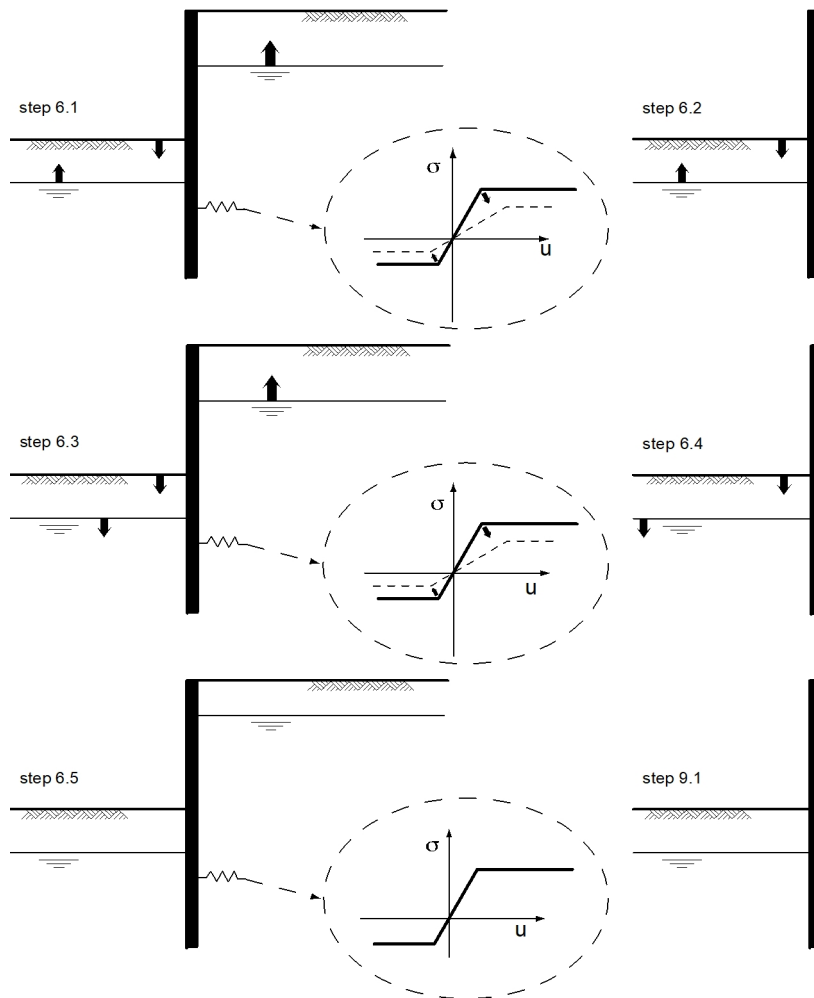
### 2.1 Overview per Stage and Test

| Stage nr. | Verification            | Displacement [mm] | Moment [kNm] | Shear force [kN] | Mob. perc. moment [%] | Mob. perc. resistance [%] | Vertical balance |
|-----------|-------------------------|-------------------|--------------|------------------|-----------------------|---------------------------|------------------|
| 1         | EC7(NL)-Step 6.1        |                   | 3,47         | -2,37            | 0,0                   | 25,1                      | ---              |
| 1         | EC7(NL)-Step 6.2        |                   | 3,07         | -2,18            | 0,0                   | 25,2                      | ---              |
| 1         | EC7(NL)-Step 6.3        |                   | 6,52         | 3,47             | 0,0                   | 28,4                      | ---              |
| 1         | EC7(NL)-Step 6.4        |                   | 5,48         | -3,47            | 0,0                   | 28,4                      | ---              |
| 1         | EC7(NL)-Step 6.5        | -0,5              | -1,28        | -0,74            | 0,0                   | 16,3                      | ---              |
| 1         | EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20 |                   | -1,53        | -0,89            |                       |                           |                  |
| 2         | EC7(NL)-Step 6.1        |                   | 81,19        | -36,35           | 0,0                   | 41,0                      | ---              |
| 2         | EC7(NL)-Step 6.2        |                   | 80,61        | -39,35           | 0,0                   | 41,5                      | ---              |
| 2         | EC7(NL)-Step 6.3        |                   | 97,73        | -46,60           | 0,0                   | 45,9                      | ---              |
| 2         | EC7(NL)-Step 6.4        |                   | 97,31        | -47,65           | 0,0                   | 46,2                      | ---              |
| 2         | EC7(NL)-Step 6.5        | -14,0             | 27,67        | -12,99           | 0,0                   | 23,4                      | ---              |
| 2         | EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20 |                   | 33,20        | -15,59           |                       |                           |                  |
| 3         | EC7(NL)-Step 6.1        |                   | 80,68        | -36,14           | 0,0                   | 40,6                      | ---              |
| 3         | EC7(NL)-Step 6.2        |                   | 80,40        | -39,32           | 0,0                   | 41,1                      | ---              |
| 3         | EC7(NL)-Step 6.3        |                   | 97,62        | -46,50           | 0,0                   | 45,0                      | ---              |
| 3         | EC7(NL)-Step 6.4        |                   | 97,33        | -47,71           | 0,0                   | 45,3                      | ---              |
| 3         | EC7(NL)-Step 6.5        | -13,8             | 27,37        | -12,95           | 0,0                   | 23,5                      | ---              |
| 3         | EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20 |                   | 32,84        | -15,54           |                       |                           |                  |
| 4         | EC7(NL)-Step 6.1        |                   | -41,78       | 37,86            | 0,0                   | 31,2                      | ---              |
| 4         | EC7(NL)-Step 6.2        |                   | -41,15       | 51,37            | 0,0                   | 32,2                      | ---              |
| 4         | EC7(NL)-Step 6.3        |                   | -48,22       | 45,19            | 0,0                   | 36,2                      | ---              |
| 4         | EC7(NL)-Step 6.4        |                   | 51,64        | 63,13            | 0,0                   | 36,8                      | ---              |
| 4         | EC7(NL)-Step 6.5        | 16,2              | -41,95       | -21,28           | 0,0                   | 17,5                      | ---              |
| 4         | EC7(NL)-Step 6.5 * 1,20 |                   | -50,34       | -25,54           |                       |                           |                  |
| Max       |                         | 16,2              | 97,73        | 63,13            | 0,0                   | 46,2                      | ---              |

### 2.2 Overall Stability per Stage

| Stage name                  | Stability factor [-] |
|-----------------------------|----------------------|
| droog aanbrengen damwand    | 3,17                 |
| dam verhogen naar NAP+2,5m  | 2,20                 |
| talud verhoen naar NAP+2,5m | 2,23                 |
| Erosiekrater                | 3,98                 |

## 2.3 CUR Verification Steps



## 3 Input Data for all Stages

### 3.1 General Input Data

Verification according to National Annex of Eurocode 7 in the Netherlands (NEN 9997-1:2016)

|                                             |                        |
|---------------------------------------------|------------------------|
| Model                                       | Sheet piling           |
| Check vertical balance                      | No                     |
| Number of construction stages               | 4                      |
| Unit weight of water                        | 9,81 kN/m <sup>3</sup> |
| Number of curves for spring characteristics | 3                      |
| Unloading curve on spring characteristic    | No                     |
| Elastic calculation                         | Yes                    |

### 3.2 Sheet Piling Properties

|                    |        |
|--------------------|--------|
| Length             | 9,50 m |
| Level top side     | 2,50 m |
| Number of sections | 1      |

#### 3.2.1 General properties

| Section name     | From<br>[m] | To<br>[m] | Material type | Acting width<br>[m] |
|------------------|-------------|-----------|---------------|---------------------|
| AZ 12-700 (S240) | -7,00       | 2,50      | Steel         | 1,00                |

#### 3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

| Section name     | Elastic stiffness EI<br>[kNm <sup>2</sup> /m] | Red. factor on EI<br>[-] | Corrected elas. stiffness EI<br>[kNm <sup>2</sup> ] | Note to reduction factor |
|------------------|-----------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------|
| AZ 12-700 (S240) | 3,9648E+04                                    | 0,80                     | 3,1718E+04                                          |                          |

#### 3.2.3 Maximum allowable moments

| Section name     | Mr,char;el<br>[kNm/m] | Modification factor<br>[-] | Material factor<br>[-] | Red. factor allow. moment<br>[-] | Mr;d;el<br>[kNm] |
|------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------------|------------------|
| AZ 12-700 (S240) | 289,00                | 1,00                       | 1,00                   | 0,80                             | 231,20           |

### 3.3 Calculation Options

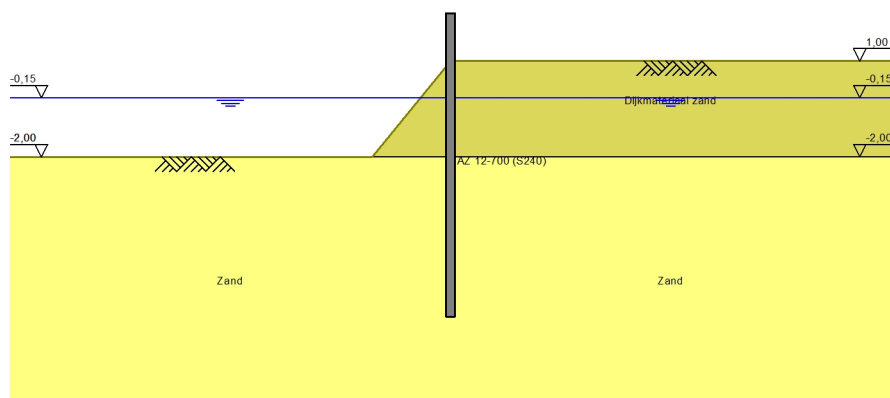
|                                          |                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| First stage represents initial situation | No                                                                                                                                                                                              |
| Calculation refinement                   | Fine                                                                                                                                                                                            |
| Reduce delta(s) according to CUR         | Yes                                                                                                                                                                                             |
| Verification                             | EC7 NA NL - method A: Partial factors (design values) in all stages<br>Eurocode 7 using the factors as described in the National Annex of the Netherlands. It is basically design approach III. |
| Used partial factor set                  | RC 2                                                                                                                                                                                            |
| Factors on loads                         |                                                                                                                                                                                                 |
| - Permanent load, unfavourable           | 1,00                                                                                                                                                                                            |
| - Permanent load, favourable             | 1,00                                                                                                                                                                                            |
| - Variable load, unfavourable            | 1,10                                                                                                                                                                                            |
| - Variable load, favourable              | 0,00                                                                                                                                                                                            |
| Factors on representative values         |                                                                                                                                                                                                 |
| - Partial factor on M, D and Pmax        | 1,20                                                                                                                                                                                            |
| Material factors                         |                                                                                                                                                                                                 |
| - Cohesion                               | 1,25                                                                                                                                                                                            |

---

|                                                   |         |
|---------------------------------------------------|---------|
| - Tangent phi                                     | 1,18    |
| - Delta (wall friction angle)                     | 1,18    |
| - Modulus of low representative subgrade reaction | 1,30    |
| Geometry modification                             |         |
| - Increase retaining height                       | 10,00 % |
| - Maximum increase retaining height               | 0,50 m  |
| - Reduction in phreatic line on passive side      | 0,25 m  |
| - Raise in phreatic line on passive side          | 0,25 m  |
| - Raise in phreatic line on active side           | 0,05 m  |
| Overall stability factors                         |         |
| - Cohesion                                        | 1,45    |
| - Tangent phi                                     | 1,25    |
| - Factor on unit weight soil                      | 1,00    |

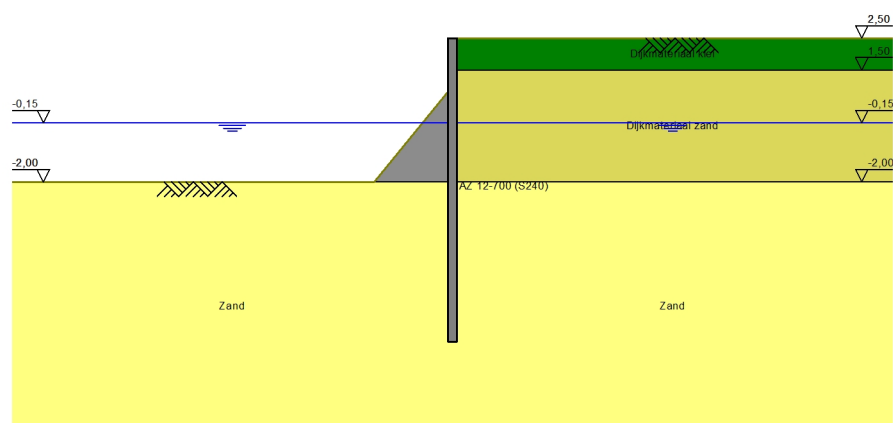
## 4 Outline Stage 1: droog aanbrengen damwand

Outline - Stage 1: droog aanbrengen damwand



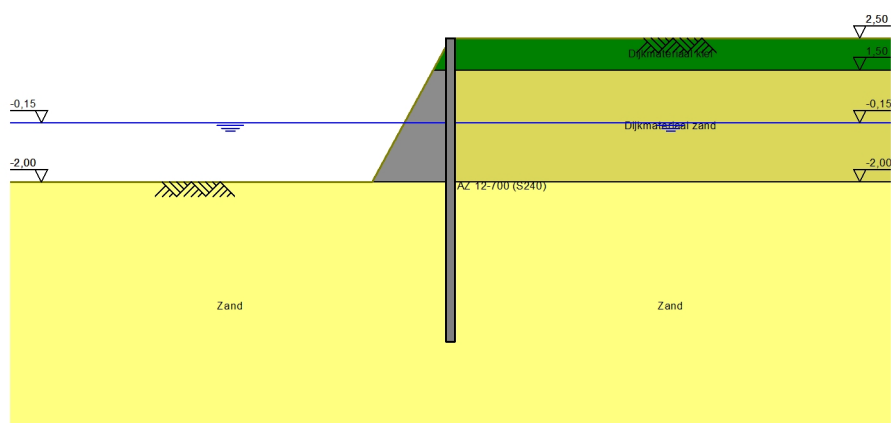
## 5 Outline Stage 2: dam verhogen naar NAP+2,5m

Outline - Stage 2: dam verhogen naar NAP+2,5m



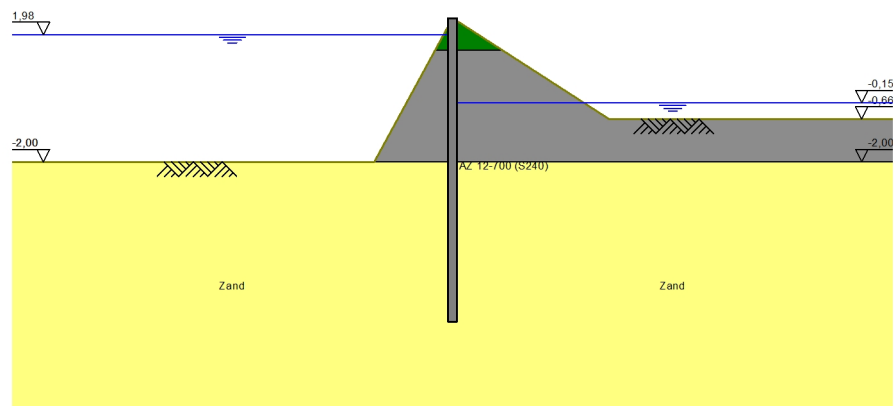
## 6 Outline Stage 3: talud verhoen naar NAP+2,5m

Outline - Stage 3: talud verhoen naar NAP+2,5m



## 7 Outline Stage 4: Erosiekrater

Outline - Stage 4: Erosiekrater



End of Report