

272003

Waterbouwkundig Laboratorium
Borgerhout

BIBLIOTHEEK

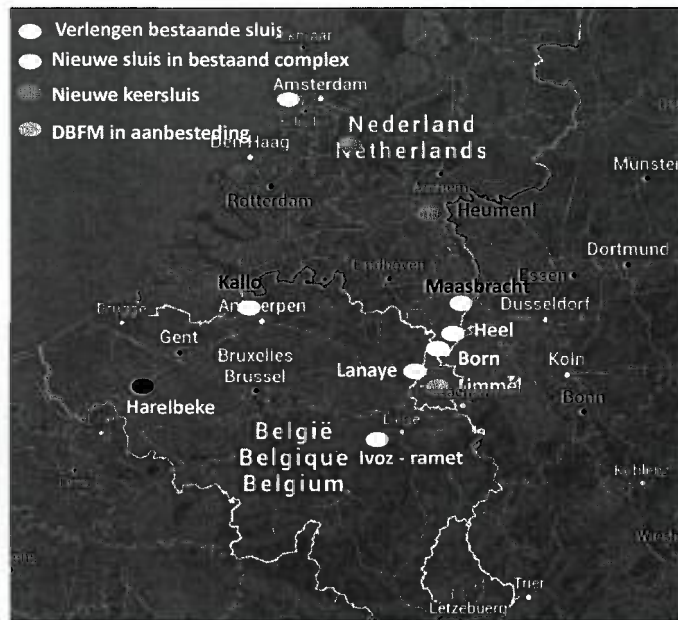
**Lessons Learned op sluizen gebouwd in België en Nederland
(Deurganckdoksluis, Yvôz-Ramet & Lanaye)**

Eric Beyts (Jan De Nul) en Christophe Bauduin (Besix)

Studiedag Zee- en Waterbouw in en rond Vlaanderen

Christophe Bauduin
BESIX
KULeuven

Eric Beyts
Jan De Nul



SLUISPROJECTEN IN BELGIE, NEDERLAND

VERSCHILLENDE CONTRACTTYPES

- **Ontwerp en controle door de Overheid, uitvoering door Opdrachtnemer**
- **Ontwerp, uitvoering, controle (en onderhoud) door Opdrachtnemer**

VERSCHILLENDE OPLOSSINGEN

- **Zeesluizen, grote en kleine schuthoogtes leiden tot verschillende ontwerpen**
- **Projectgebonden omstandigheden en eisen**

STEEDS TECHNISCHE UITDAGINGEN

- **Grootschalige en complexe werken**
- **Grond en water, funderingstechnieken**
- **Hoog technisch risico**

4 juni 2015

3

GEOTECHNISCHE EN FUNDERINGSTECHNISCHE ASPECTEN

- **Werken langs de Maas**
 - **Groot verval: diepe insnijdingen**
 - **Zeer sterk watervoerende grintlagen**
 - **Zeer weinig samendrukbaar**
- **Werken in de lage landen**
 - **Waterremmende, samendrukbare, zwellende lagen**

4 juni 2015

4

WERKEN LANGS DE MAAS

- Lanaye
- Maasbracht, Born, Heel
- Limmel

GEOTECHNISCHE KENMERKEN

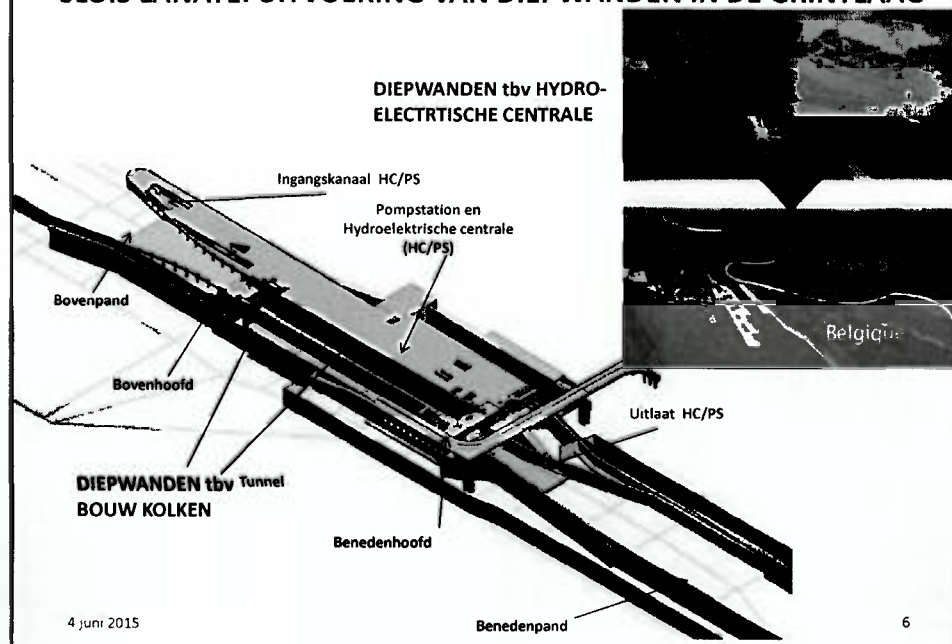
- Oppervlakte-laag leem, zand
- Sterk watervoerende grintlaag, variable porienvulling dus sterk doorlatend materiaal, met watervoerende aders
- Rots sokkel: krijt, kalk, verwering

GEOTECHNISCHE UITDAGINGEN EN RISICO'S

- Bemalen niet, zeer beperkt mogelijk, doch beheersing van het water is nodig: welke technieken toepassen?
- Welke technieken voor het maken van wanden?

4 juni 2015

SLUIS LANAYE: UITVOERING VAN DIEPWANDEN IN DE GRINTLAAG



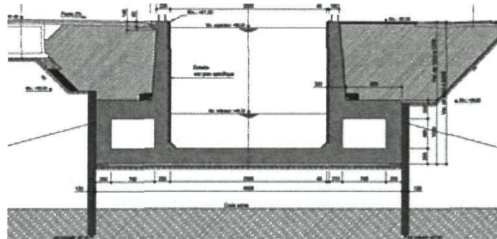
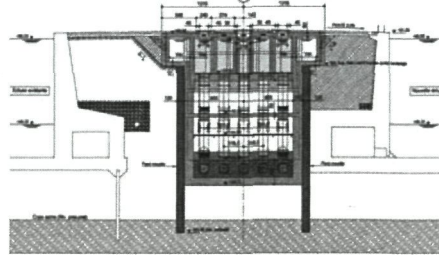
4 juni 2015

6

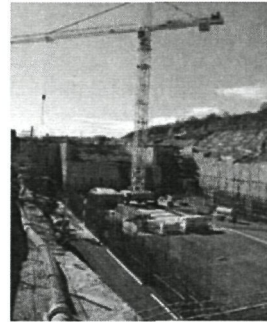
SLUIS LANAYE: UITVOERING VAN DIEPWANDEN IN DE GRINTLAAG



DIEPWANDEN tbv HYDRO-ELEKTRISCHE CENTRALE



DIEPWANDEN tbv BOUW KOLKEN



7

SLUIS LANAYE: UITVOERING VAN DIEPWANDEN IN DE GRINTLAAG

ONTWERPPRINCIPES

- Diepwand doorheen de grintlaag
- Tot in de niet verweerde krijtlaag

Levert waterdichte bouwput: klassieke oplossing in niet klassieke grondgesteldheid

RISICO'S

- Bentonietverlies en oververbruik, geschat op basis van vergelijkbare ervaring
- Graven in de verweerde krijt

SLUIS LANAYE: UITVOERING VAN DIEPWANDEN IN DE GRINTLAAG



SLUIS LANAYE: UITVOERING VAN DIEPWANDEN IN DE GRINTLAAG



SLUIS LANAYE: UITVOERING VAN DIEPWANDEN IN DE GRINTLAAG



11

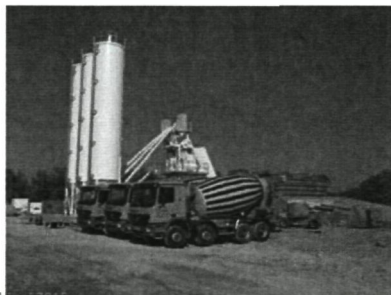
SLUIS LANAYE: UITVOERING VAN DIEPWANDEN IN DE GRINTLAAG

Betoncentrale op de werf

Grint en zand van de uitgraving
gebroken, gezeefd

Toeslagstoffen

Gevanceerd mengsel



4 juni 2015

SLUIS LANAYE: DIEPWANDEN

VASTSTELLING BIJ DE EERSTE PANELEN

- Zeer slecht verwerkbaar niettegenstaande vereiste slump
- Verstoppert stortpijp > discontinu stortproces
- Grintnesten, porositeit

OORZAAK GEZOCHT

- Zeer hoekig zand
- Additieven tbv vloeibaarheid

KORRECTIE

- Import van rondkorrelig zand
- Vloeibaarheid door fijnen, minder additieven

4 juni 2015

13

SLUIS LANAYE: GRONDWATERBEHEERSING

WATERDICHT AFSLUITING NIET VERWEERDE ROTS

- Beperkt instroomdebiet
- Vereist dat de diepwand voldoende goed aansluit met de niet verweerde laag

UITVOERING

- Geen "onverweerde rots" tegengekomen tijdens de graafwerken
- Toch beperkt instroomdebiet
- Water dmv een grindlaag 30 cm en pompsysteem opgevangen
- Eenmalig een waterader die het jonge beton uitgelopen heeft
- Belangrijke monitoring
- Opdrijfevenwicht van gestorte moten controleren omdat er minder afstroming is

4 juni 2015

14

SLUIS LANAYE: DIEPWANDEN en GRONDWATERBEHEERSING

LESSONS LEARNED

- 1) Graven in de grint en verweerde rots is geen probleem
- 2) Oververbruik bentoniet beheerst door aangepaste bentonietsamenstelling
- 3) Betonsamenstelling funderingswerken niet gelijklopend met normale betonwerken
 - dit is een recent erkend probleem, Europees en wereldwijd
 - onderzoekswerk DFI en EFFC
 - nieuwe eisen voor beton tbv funderingswerken?

4 juni 2015

15

UITBREIDING SLUIZEN BORN, MAASBRACHT EN HEEL: DAMWANDEN DOOR GRINTLAGEN en GRONDWATERBEHEERSING

ONTWERPPRINCIPES

- Damwand doorheen de grintlaag
- Gewapend Onderwaterbeton en GEWI trekpalen

Leverd waterdichte bouwput: klassieke oplossing in niet klassieke grondgesteldheid

RISICO'S

- Heiweerstand, uit het slot lopen
- Weinig ervaring met gewapend onderwaterbeton

4 juni 2015

16

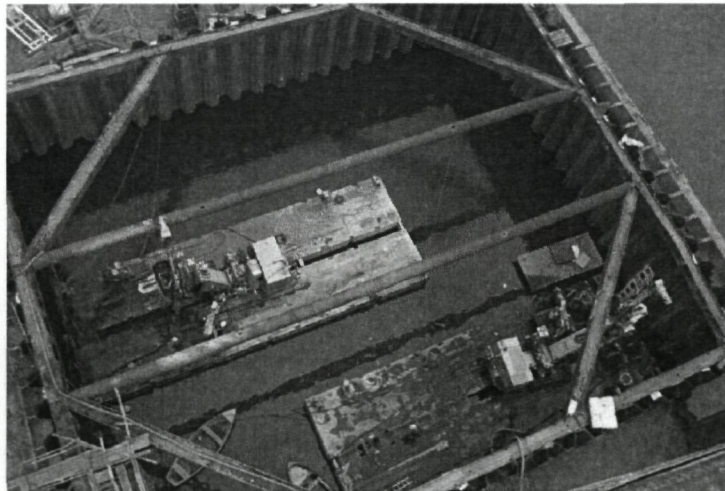
**UITBREIDING SLUIZEN BORN, MAASBRACHT EN HEEL:
DAMWANDEN DOOR GRINTLAGEN en GRONDWATERBEHEERSING
UITVOERING**

- Damwanden en combiwanden: predictieve hei-analyse op basis van de sonderingen
- Heiproef ruimschoots op voorhand tbv selectie profielen en heimaterieel



4 juni 2015

17

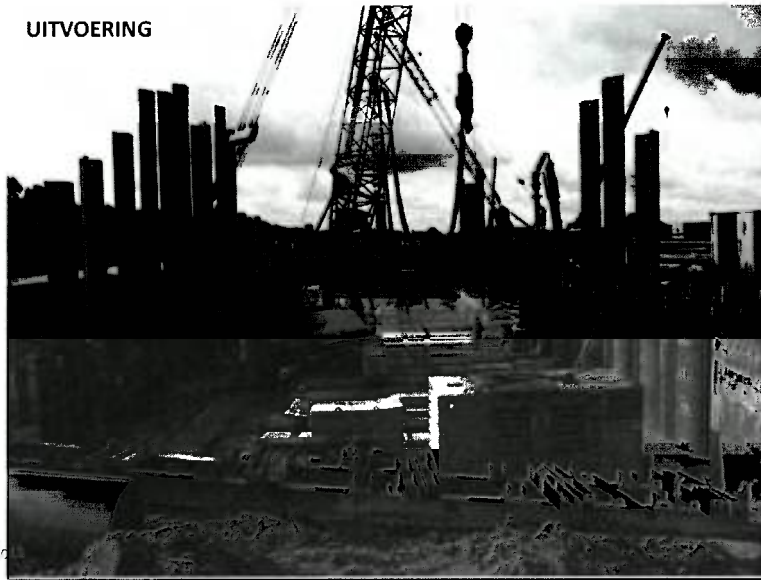


4 juni 2015

18

**UITBREIDING SLUIZEN BORN, MAASBRACHT EN HEEL:
DAMWANDEN DOOR GRINTLAGEN en GRONDWATERBEHEERSING**

UITVOERING

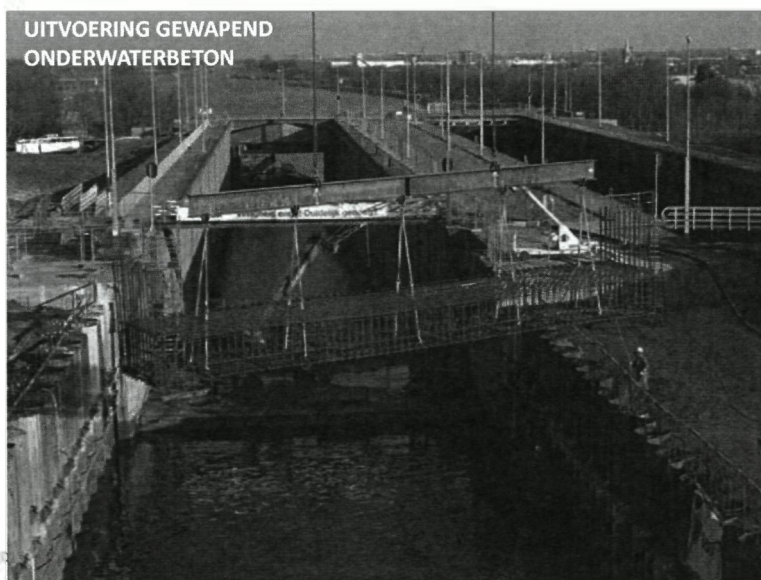


4 jun 20

19

**UITBREIDING SLUIZEN BORN, MAASBRACHT EN HEEL:
DAMWANDEN DOOR GRINTLAGEN en GRONDWATERBEHEERSING**

UITVOERING GEWAPEND
ONDERWATERBETON

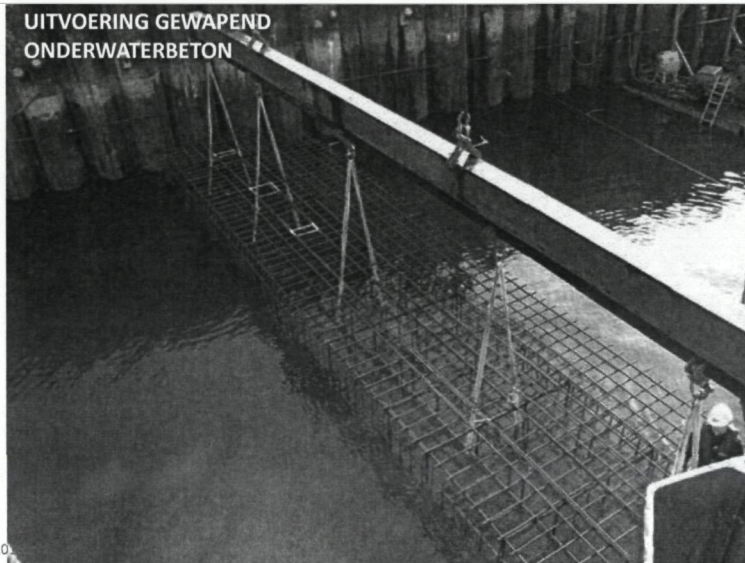


4 jun 20

20

**UITBREIDING SLUIZEN BORN, MAASBRACHT EN HEEL:
DAMWANDEN DOOR GRINTLAGEN en GRONDWATERBEHEERSING**

UITVOERING GEWAPEND
ONDERWATERBETON



4 juni 2015

21

**UITBREIDING SLUIZEN BORN, MAASBRACHT EN HEEL:
DAMWANDEN DOOR GRINTLAGEN en GRONDWATERBEHEERSING**

LESSONS LEARNED

- 1) Heien is mogelijk mits gepaste technieken
 - Proefheien aanbevolen
 - Beperkte herstellingen

- 2) Gewapend onderwaterbeton is een betrouwbare en uitvoerbare oplossing

4 juni 2015

22

BOUW VAN EEN TWEEDE SLUIS IN DE WAASLANDHAVEN: DEURGANCKDOKSLUIS



4 juni 2015

23

DEURGANCKDOKSLUIS

Kort overzicht van de bouw en de diverse bouwaspecten:

1. Uitgebreide uitvoeringsstudie
2. Uitvoeren van cement-bentonietwanden tot in Boomse klei (waterdichtscherm rond de bouwput) – totaal 90.000m²
3. Bemaling (grondwaterverlaging van +/- 25m)
4. Heien van damplanken – totaal 10.000 Ton
5. Uitvoeren van grondwerken in open bouwput – totaal 4.500.000 m³ uitgraving en 3.000.000 m³ aanvulling
6. Uitvoeren van betonwerken – totaal 750.000 m³ beton en 55.000 Ton wapening
7. Productie staalconstructies (deuren en bruggen) – totaal 20.000 Ton
8. Onderwaterzetten en baggerwerken
9. Plaatsen deuren en bruggen
10. Elektromechanische afbouw en operationeel maken sluis

4 juni 2015

24

DEURGANCKDOKSLUIS: bijzondere risico's en uitvoeringsaspecten

- Uitvoering van het waterdichte scherm – controle op de waterdichtheid
- Betonsamenstelling – kritische aspecten
- Productie staalconstructies in China – beheersing van de risico's
- Zwel van de klei – bijzondere aspecten tijdens uitvoering

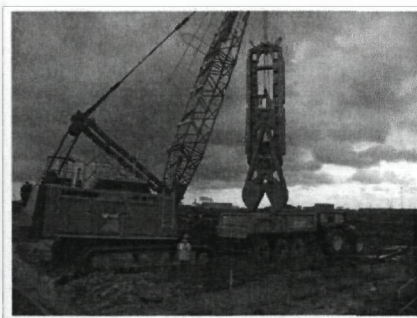
4 juni 2015

25

DEURGANCKDOKSLUIS: waterdicht scherm

1. Uitvoering van het scherm door middel van cement-bentonietwanden:

- Totale lengte 3000 m – diepte tot 33 m (3 meter in Boomse klei)
- Uitvoering met 4 diepwandmachines in twee ploegensysteem gedurende 5 maanden



4 juni 2015

26

DEURGANCKDOKSLUIS: waterdicht scherm

2. Gevolgen van niet waterdicht zijn van het scherm:

- Grondwaterverlaging en zettingen buiten het scherm – schade bij naastliggende bedrijven en bestaande wegverhardingen
- Meer en duurdere bemaling nodig
- Opsporen en dichten van lekken is achteraf zeer moeilijk en arbeidsintensief en bijgevolg zeer duur
- Bemaling uitstellen tot lekken gedicht zijn → grote impact op de planning

4 juni 2015

27

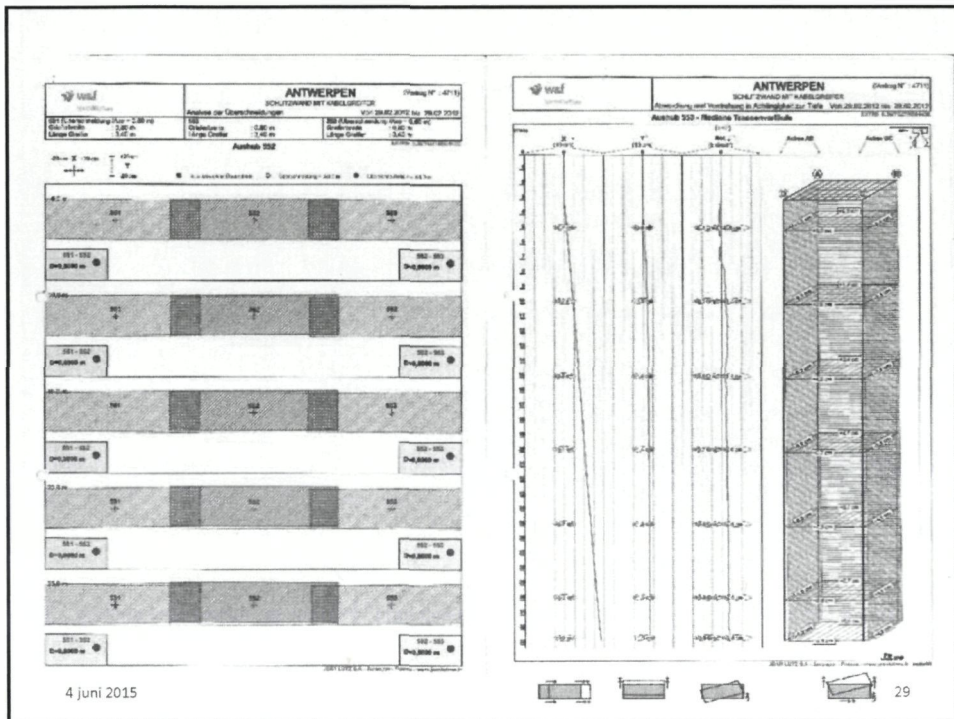
DEURGANCKDOKSLUIS: waterdicht scherm

3. Risicobeperkende maatregelen : monitoring van de graafwerken

- Gedurende de graafwerken wordt de positie van de grijper continu opgemeten. Bij bovenkomen van de grijper wordt deze info doorgestuurd naar een computer in de kabine van de graafmachine
- Via deze info kan de overlap van twee opeenvolgende panelen ingeschat worden
- Per paneel controlefiche - per serie panelen overlap in kaart brengen
- Indien niet de vereiste minimum overlap behaald werd, werd het paneel opnieuw uitgegraven – in geval van twijfel over de kwaliteit van een bepaald paneel werd ook overgegaan tot heruitvoering.
- In totaal werden zo een viertal panelen opnieuw uitgegraven

4 juni 2015

28



DEURGANCKDOKSLUIS: waterdicht scherm

4. Resultaat :

- Na start van bemaling werden geen zettingen en/of grondwaterverlagingen buiten het scherm vastgesteld
- Na realisatie van de bouwput werd de bemaling afgezet – na drie maanden zonder problemen werd de bemaling zelfs verwijderd = aanzienlijke besparing op de bemaling
- Geen vertragingen op de reeds krappe planning

5. Conclusies:

- Door het gebruik van het monitorsysteem en het zorgvuldig opvolgen van de kwaliteit tijdens de productie is het mogelijk om een waterdichte wand te realiseren

DEURGANCKDOKSLUIS: betonsamenstelling

1. Randvoorwaarden:

- Afwijking van de norm toegestaan: minimum cementgehalte 300 kg/m³ ipv 340 kg/m³ voor C25/30 EN C30/37
- Lage hydratatiewarmte voor dikwandige structuren (tot 10m dik!)
- Beschikbaarheid van de cement en de granulaten tijdens de ganse duur van het project en dit met behoud van de vooropgestelde kwaliteit - gemiddeld 1500 m³/dag met pieken tot 3000 m³/dag
- Granulaten en cement leverbaar per schip (aantal transporten per vrachtwagen op de werf beperken)
- Totaalprijs

4 juni 2015

31

DEURGANCKDOKSLUIS: betonsamenstelling

2. Uitwerking:

- minimum cementgehalte 300 kg/m³ ipv 340 kg/m³ voor C25/30 EN C30/37: uitgebreid testprogramma nodig om "gelijkwaardigheid" met normsamenstelling op gebied van sterkte en duurzaamheid aan te tonen: lang testprogramma (+/- 4 maanden)
- Lage hydratatiewarmte voor dikwandige structuren (tot 10m dik!): gebruik van een CEM V/A 32.5 LA : portlandcement + hoogovenslakken + vliegassen → garanties voor beschikbaarheid vliegassen nodig!
- Beschikbaarheid van de cement en de granulaten tijdens de ganse duur van het project : gebruik van zeegrnulaten (consessie tijdens visbroedseizoen gesloten – genoeg stock voorzien om dit te overbruggen)

4 juni 2015

32

DEURGANCKDOKSLUIS: betonsamenstelling

3. Conclusies:

- **Lange doorlooptijd om een mengsel te bepalen en te certifiëren: ongeveer 10 maanden – enkel interessant en rendabel voor grote hoeveelheden**
- **Door de grote hoeveelheden zijn er diverse logistieke problemen op te lossen**
- **Het beperken van het cementgehalte is gunstig voor de kostprijs – ongunstig voor neveneffecten zoals “zandlopers”**

4 juni 2015

33

DEURGANCKDOKSLUIS: staalconstructies

1. Productie in China van deuren en bruggen: aandachtspunten

- **Omwille van productiecapaciteit**
- **Prijs: lage productieprijs – hoge transportprijs**
- **Veel vooroordelen bemoeilijken proces zoals: slechte kwaliteit basismaterialen – slechte laskwaliteit – kwaliteit schilderwerk**
- **Moeilijke communicatie**
- **Andere cultuur**
- **Permanente opvolging ter plaatse vereist**
- **Grote afstand – verplaatsing is minstens voor 1 week**

4 juni 2015

34

DEURGANCKDOKSLUIS: staalconstructies

2. Kwaliteitsopvolging:

- Kennis van Europese normen
- Steeds leerproces bij aanvang van een nieuw proces
- Permanente opvolging ter plaatse: team van max. 10 mensen

3. Conclusies:

- Grote capaciteit van middelen: interessant op gebied van planning
- Lange transporttijd (7 weken): incalculeren in planning
- Goede kwaliteit mogelijk, mits goede opvolging ter plaatse
- Opmoegingsbudget is aanzienlijk → mee te nemen in totaalplaatje van het project
- Te beschouwen als aparte werf
- Toekomst: nog interessant?

4 juni 2015

35

DEURGANCKDOKSLUIS: staalconstructies



4 juni 2015

36

DEURGANCKDOKSLUIS: zwel van de klei

1. De sluis staat gefundeerd op, of vlak boven de Boomse Klei. Dit heeft diverse gevolgen:

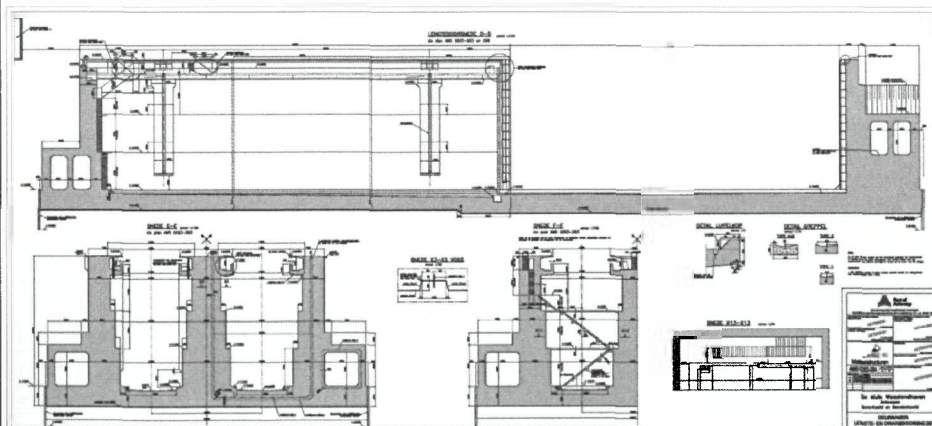
- Rekening houden tijdens ontwerp: krachten en vervormingen ten gevolge van zwel klei – vloer uitvoeren met tegenpeil
- Rekening houden bij uitvoeringsvolgorde
- Constructies zetten tijdens uitvoering: bij betonneren – bij aanvullen – bij vullen sluis - ... : tot 5 cm – lastig voor landmeters
- Bepaalde elementen dienen met hoge tolerantie uitgevoerd te worden (3mm). Onder andere de granieten aanslagstijlen voor de deuren en de rails waarop de deuren rijden bij openen en sluiten.

4 juni 2015

17

DEURGANCKDOKSLUIS: zwel van de klei

Doorsnede deurkamer



4 juni 2015

18

DEURGANCKDOKSLUIS: zwel van de klei

2. Ontwerp:

- Nog weinig gekend van het werkelijke gedrag van de klei
- Korte termijnseffect en lange termijnseffect
- Herberekenen zweldruk van klei op deurlopen – zweldruk opgegeven in bestek gaf aanleiding tot zeer groot wapeningspercentage
- Voorzien van tegenpeil in deurlopen (10cm) en vloertegels (25cm) om toekomstige zwellings te compenseren
- Uitvoeren deurlopen 1 jaar na uitgraven zodat groot deel van de zwel reeds plaatsgehad heeft

4 juni 2015

39

DEURGANCKDOKSLUIS: zwel van de klei

3. Uitvoering

- Plaatsen van meettoestellen onder de deurloop om de zwel van de klei te monitoren en te toetsen aan de aannames
- Zettingen tijdens de bouw maken het noodzakelijk om met lokale assenstelsels te werken en er steeds over te waken dat alle lokale stelsels op mekaar afgestemd blijven.
- Optreden van differentiële zettingen tijdens de uitvoering door asymmetrische aanvullingen → granieten aanslagen dienden "scheef" gezet te worden om in definitieve toestand binnen de toleranties te blijven.

4 juni 2015

40

DEURGANCKDOKSLUIS: zwel van de klei

4. Conclusies

- De zwel van de klei is een complexe materie die onverwachte uitvoeringsproblemen met zich meebrengt.
- Permanente opvolging nodig en bijpassen van maatgeving: niet absoluut werken, maar relatief
- Meer en meer studies voorhanden door opvolging van bestaande projecten (tunnelprojecten in Nederland en deze sluis) zodat toekomstige studies beroep kunnen doen op deze gegevens en minder moeten uitgaan van veronderstellingen.

4 juni 2015

41

EINDE



4 juni 2015

42