

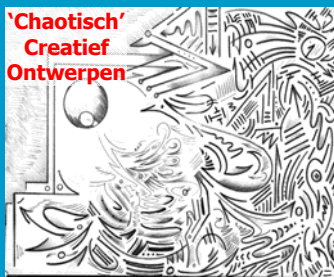
CT1101 – Inleiding Civiele Techniek

Wegen, Spoorwegen en Vaarwegen (Deel B)
Waterbouw (Deel D)

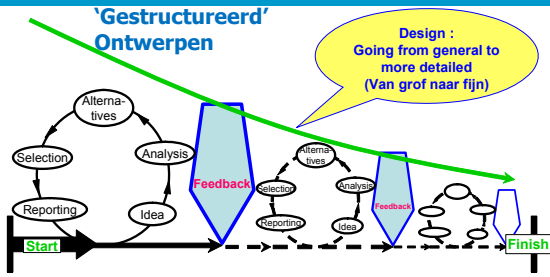
Sluizen

Constructieve Waterbouw

Wat is ontwerpen?



'Chaotisch'
Creatief
Ontwerpen



'Gestructureerd'
Ontwerpen

Design :
Going from general to
more detailed
(Van grof naar fijn)

11 September 2013

CT1101 - Waterbouw

1



Wat is een waterbouwkundige constructie?



Stuw Sambeek

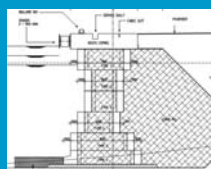
.. en sluis Sambeek



Keringen ↓↑



Aquaduct



Kademuur



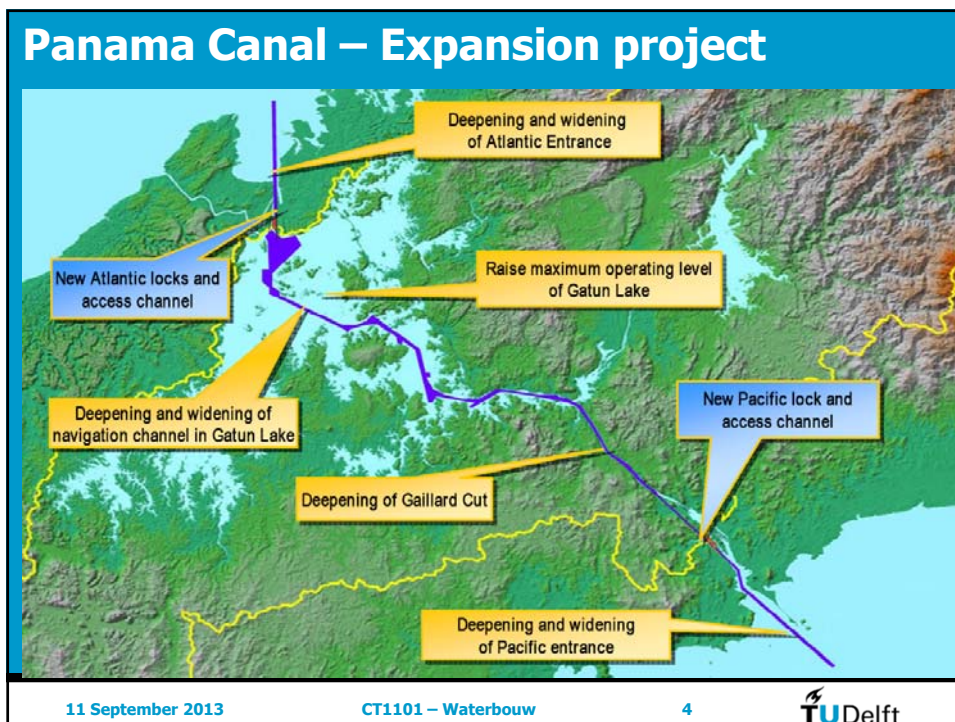
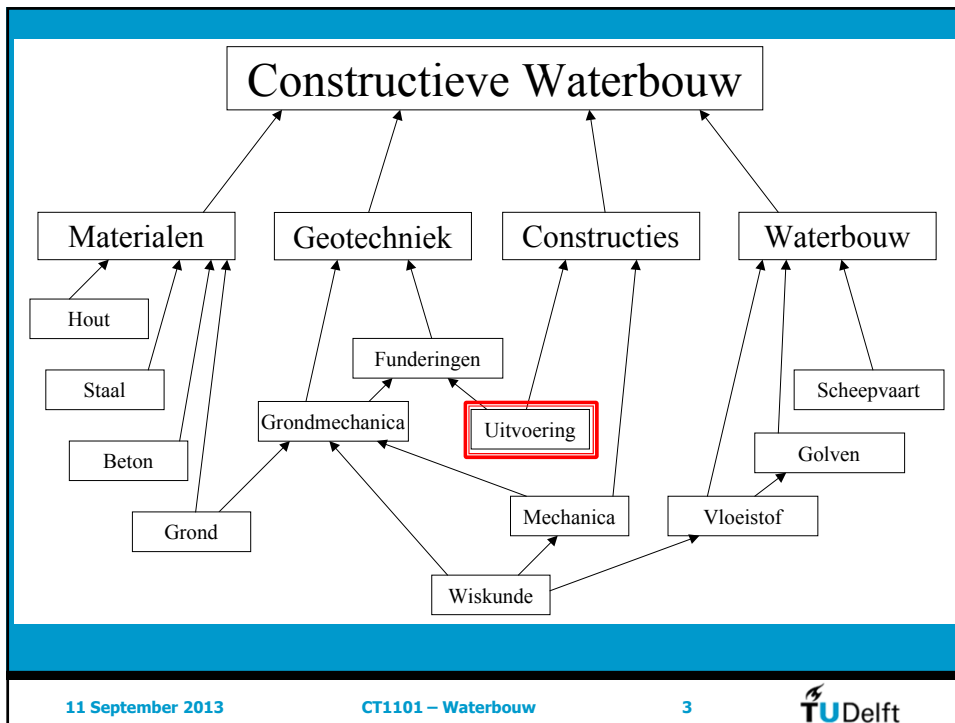
Bouwput

11 September 2013

CT1101 – Waterbouw

2





Zeevaart



karretjes
van
Panama

Comparison between Panamax and Post-Panamax Container Vessels



	Panamax	Post-Panamax
Capacity:		
Containers (TEUs)	4,500	12,000
Dimensions:		
Beam	32m (106')	49m (160')
Length	294m (965')	366m (1,200')
Draft	12m (39.5')	15m (50')

11 September 2013
CT1101 – Waterbouw
7


Eén van de te bouwen sluiscomplexen



Roldeur

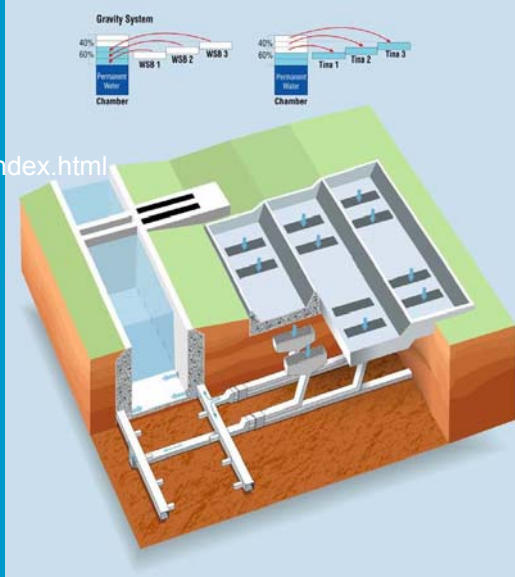
WSB = water saving basin

11 September 2013
CT1101 – Waterbouw
8


Panama Canal – Expansion project

<http://www.panacanal.com/eng/index.html>

Rioolstelsel



11 September 2013

CT1101 – Waterbouw

9



Canal Seine Nord

Binnenvaart



11 September 2013

CT1101 – Waterbouw

10



The canal structures – key figures:

- Length: 106 km between Compiègne and Aubencheul-au-Bac
- Surface width: 54 m
- Water depth: 4.50 m
- Draught: 3 m
- Navigation rectangle: 38 m x 4 m
- Clearance under bridges: 7 m
- Number of locks: 7 (drops of 6.4 m to 30 m)
- Number of aqueducts: 3, including the Somme aqueduct (1.3 km long)
- Number of crossing structures: 59
- Earth excavation volume: 55 million m³
- Volume of backfill: 25 million m³
- Volume of surplus material: 30 million m³
- Land take: 2450 ha comprising:
 - canal: 1330 ha
 - storage reservoirs: 160 ha
 - platforms: 360 ha
 - material dumping areas: 600 ha
- Number of multimodal platforms: 4
- Number of cereal quays: 5
- Number of industrial quays: 3
- Number of boating facilities: 5

Canal Seine Nord

Franse regering aangewezen als één van de vijf grootste infra-structurele knoepenten die tot 2025 moeten worden aangepakt.

Pompen

Omdat het vullen en legen van sluisen met behulp van zwaartekracht verloopt, is het noodzakelijk water naar de hogere kanalen te pompen om het water niveau op peil te houden. Bij elke sluis verplaatsen twee pompen elk 5 m³/s water naar boven. Bij voorkeur worden de pompen geïntegreerd in de sluis.

Betonnen bassins

De spaarbekkens (180 m x 16 m) zijn onderdeel van het sluisgebouw of liggen naast de sluis.

Stia van Maviluis

verval: 30 m

NAAM	Kanaal Seine-Noord
LENGTE	106 km
BREEDTE	54 m
DIEPTE	4,5 m
DOORVAARTHOOG	7 m
BOUW	2009-2015

Spaarbekkens

Om water en energie te sparen krijgen zeis van de zeven sluisz spaarbekkens. Bij het loonglope van de sluis vangen deze rooze voirs 50 tot 70 % van het water op. Daarmee is de sluis bij de volgende cyclus weer doels te vullen. De rest van het water wordt aan een hoger kanaal onttrokken of op een lager kanaal geloosd.

NEDERLANDS VOORONTWERP

In 2004 heeft een Frans-Nederlands consortium van Sogreah, Ingerop en Arcadis in opdracht van de Franse overheid een voorontwerp gemaakt voor het nieuwe kanaal. Het technisch ontwerp van de sluisen is door Arcadis uitbesteed aan drie Nederlandse bedrijven: civieltechnisch ingenieursbureau Lieveense, waterbouwkundig specialist Altweg, Junos hereniging van

TOP-10 EUROPESE KANALEN	LENGTE	OPENING
Mittellandkanaal (Duitsland)	328 km	2003
Dagep-Bugkanaal (Brits-Rusland)	156 km	1373
Main-Donaukanaal (Duitsland)	171 km	1992
Tyrrus-Casabianca (Italië)	165 km	1985

Sluis ontwerp & sluis bouw in de komende jaren

2025:

- Sambeek
- Borgharen
- Etc.

2020:

- Kreekak sluis
- Margrietkanaal
- Oostsluis
- Delden
- Weurt

NU:

- Sluis Eefde
- Beatrixsluis N'gein
- Zuid-Willemsvaart
 - Sluis II
 - SluisIII

- IJmuiden
- Terneuzen

11 September 2013

CT1101 – Waterbouw

13

TU Delft

- Analyse
 - Probleem analyse
 - Functie analyse
 - Proces analyse

- Doelstelling(en)

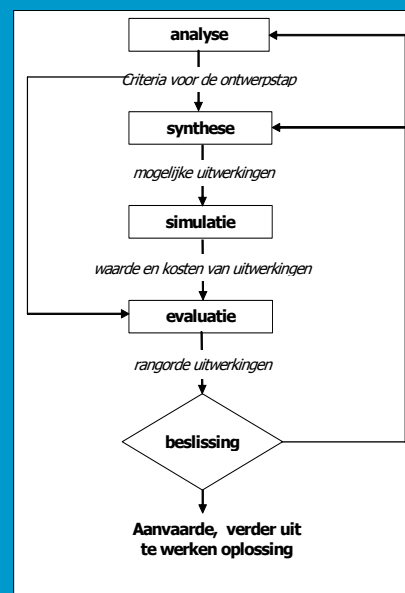
- Randvoorwaarden
- Uitgangspunten

- **Programma van Eisen - PVE**

- Alternatieven

- Keuze / Selectie

- Uitwerking



11 September 2013

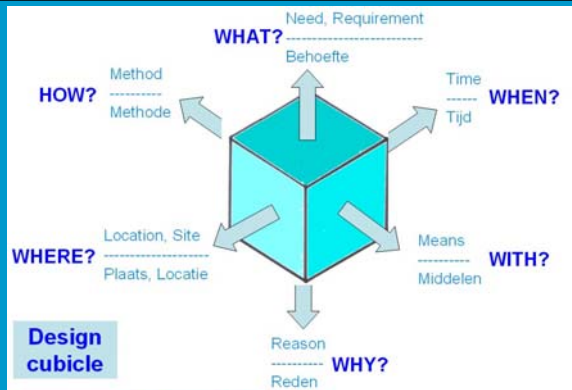
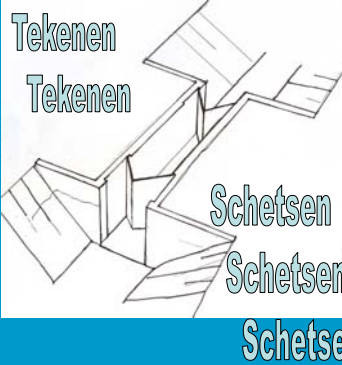
CT1101 – Waterbouw

14

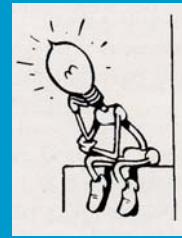
TU Delft

Wat moet er ontworpen worden?

Tekenen



"Sommetje!"



11 September 2013

CT1101 – Waterbouw

15



Nederlandse
schutsluis:

enkele meters
verval

Scheepsliften,
Hellend vlak,
Pente d'eaux:

tiental(len) meters
verval

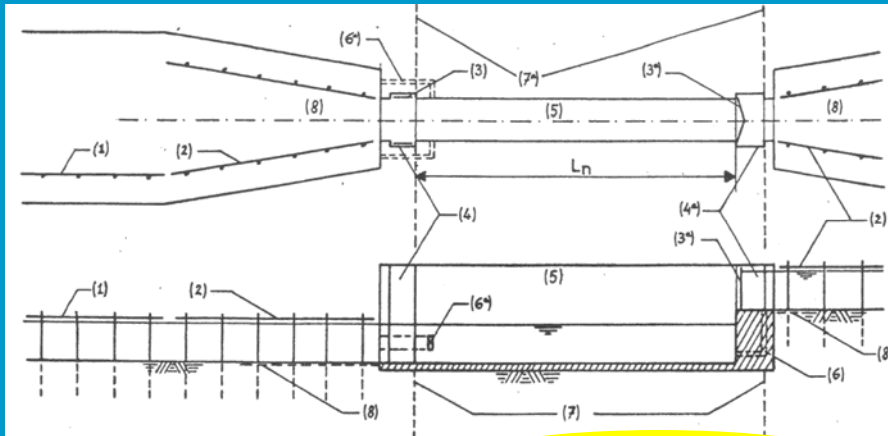


11 September 2013

CT1101 – Waterbouw

16





1. Wachtplaatsen
 2. Geleidewerken
 3. Afsluitlemiddelen – sluisdeuren
 4. Sluishoofden
 5. Schutkolk
 6. Vul- en ledigsysteem
 7. Voorzieningen tegen onder- en achterloopsheid
 8. Bodembescherming
- 'Hoofd'constructie**

11 September 2013

CT1101 – Waterbouw

17

TU Delft

Start ontwerp = Allerlei vragen stellen & beantwoorden!

- Sluis 'complex'?
- Lift?
- Wegverbinding?
- Binnenvaart / zeevaart / pleziervaart?
- **Wat voor ding / constructie?**
- Kering?
- Spuien / zoutwater?
- Uitvoering?
- Onderhoud?



Hulpmiddelen ontwerp:

- Functie- & Proces analyse

11 September 2013

CT1101 – Waterbouw

18

TU Delft

Sluiscomplex IJmuiden

1. Zuidersluis & Kleine sluis
2. Middensluis
3. Noordersluis
4. Spuisluis
5. Wegverbinding

Functionanalyse:

- Scheepvaart
- Water keren
- Water kwaliteit
-

11 September 2013
CT1101 – Waterbouw
19

Proces-analyse :

Grof

1. Wat voor schepen? Wat is de mix?
2. Hoeveel schepen per dag/uur?
3. Hele dag, alle dagen, weken, maanden?
4. Volledig zoet-zout scheiden / deels, zo ja, hoeveel zoutindringing?
5. Ononderbroken autoverkeer? Hoeveel auto's?
6. Spuifrequentie? Spuivolume?
7. etc.
- 8.

**Afmetingen
&
Onderdelen**

11 September 2013
CT1101 – Waterbouw
20

Proces analyse

Iets
fijner

Vaar - proces

1. Schip meldt zich
2. Schip vertraagd
3. Schip moet wachten / niet
4. Schip vaart kolk binnen
5. Schip meert af
6. Waterpeil verandert
– schip 'flexibel' vastmaken
7. Trossen los
8. Uitvaren
9. Versnellen 'op afstand'

'Meldkamer'


Afmeerplaats
Geleidewerk
Fendering
Bolders, haalkommen,
ladders, etc

Bodembescherming

Proces analyse

Steeds meer
in detail

Schutproces

- 
1. Afsluitmiddel 1 open
(schip vaart in)
 2. Afsluitmiddel 1 dicht
 3. Waterniveau
aanpassen
 4. Afsluitmiddel 2 open
(schip vaart uit)



IJmuiden zomer 2004

Noordersluis IJmuiden



11 September 2013

CT1101 – Waterbouw

23

TU Delft

Vul- en ledigsysteem

Eisen: 1e Ontwerploop

Bv.

- Zowel het vullen en het ledigen duurt maximaal 10 minuten (volgt uit procesanalyse)
- Minimaal waterverlies
- Spuien door sluis mogelijk
- Zoutwaterpenetratie en zoetwaterverlies beperkt

Wat voor systemen bestaan er?

11 September 2013

CT1101 – Waterbouw

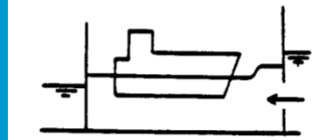
24

TU Delft

Vul- en ledigstelsysteem

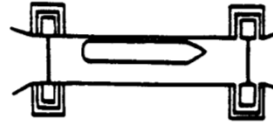
1 Kopvulling: verval tot ca. 6 m

- Schuiven in deur, of openen (hef)deur



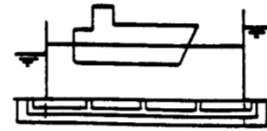
2 Langsvulling: verval tot ca. 25 m

- Omloopriolen in wand of vloer sluishoofd



3 Vloervulling: (zeer) groot verval

- Kanalsysteem, openingen in de vloer van sluisenkolk



11 September 2013

CT1101 – Waterbouw

25

TU Delft

Kopvulling systeem



11 September 2013

CT1101 – Waterbouw

26

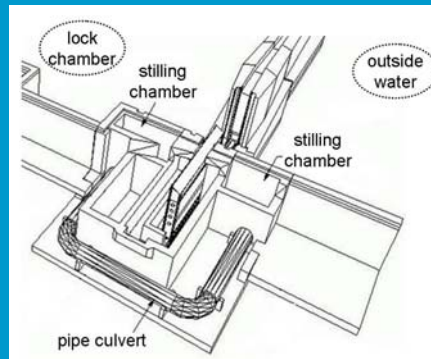
TU Delft

Kopvulling systeem



Puntdeur – staal
(steel mitre gate)

Omloopriool – kort om het
sluishoofd



(stilling chamber = woelkamer)

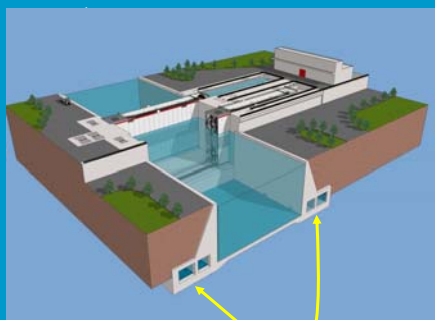
11 September 2013

CT1101 – Waterbouw

27

TU Delft

Langs- of Vloervulling



Langsriolen



Bodemriool – over plus minus
de hele lengte van de
sluiskolk

In-/uitlaatbuisjes: relatief
kwetsbaar; dit is geen
groot probleem. Waarom?

11 September 2013

CT1101 – Waterbouw

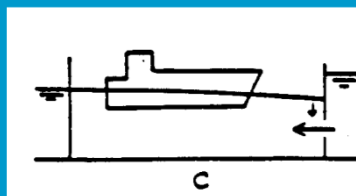
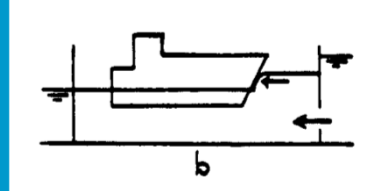
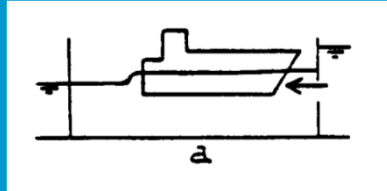
28

TU Delft

Kopvulling - Vulling door de deur

krachten op schip tijdens vullen

Procesanalyse



- Vulstraal tegen boeg (dus meestal lage vulstraal om dit te voorkomen)
- Translatiegolf
- Negatieve helling van de waterspiegel
- Wrijving water ↔ scheepshuid (kleine kracht)

11 September 2013

CT1101 – Waterbouw

29

TU Delft

Vul- en ledigsysteem

Eisen: 2e Ontwerploop

Bv.

Minimale krachten op het schip tijdens vullen

- Schip afmeren op grotere afstand inlaatpunt => grotere sluis
- Vloervulling => 'diepere' sluis/constructie

Of

- Toch maar wat langzamer vullen en ledigen?

11 September 2013

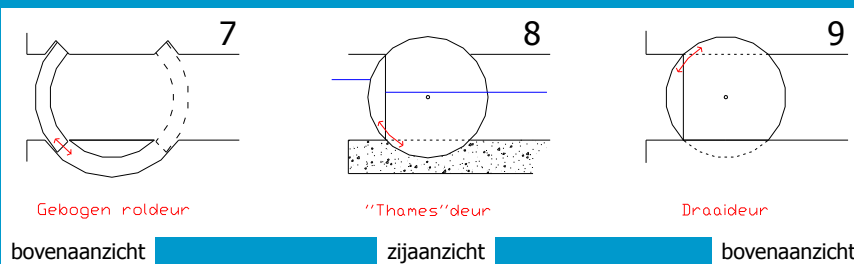
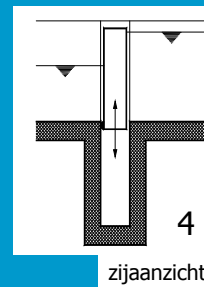
CT1101 – Waterbouw

30

TU Delft

Keuze afsluitmiddel

- | | |
|----------------|--------------------|
| 1. Puntdeur | 6. Roldeur |
| 2. Enkele deur | 7. Gebogen roldeur |
| 3. Hefdeur | 8. "Thamesdeur" |
| 4. Zakdeur | 9. Draaideur |
| 5. Segmentdeur | |



11 September 2013

CT1101 – Waterbouw

31

TU Delft



Roldeur

- Waar zit het bewegingswerk of de aandrijving ?
- Ruimtebeslag deurkassen

11 September 2013

CT1101 – Waterbouw

32

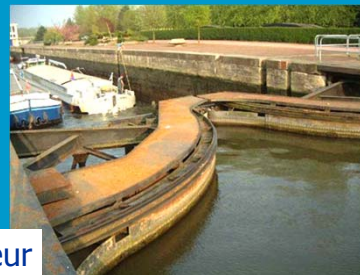
TU Delft

Keuze Afsluitmiddel: Criteria

- Eén- of tweezijdig keren?
- Openen onder verval?
- Ruimtebeslag?
- Breedte kolk?
- Bewegingsinrichting/snelheid openen?
- Aanvaarrisico?
- Onderhoud & reparatie
- Kosten
- Etc.



Kunststof Puntdeur



Segmentdeur

11 September 2013

CT1101 – Waterbouw

33

TU Delft

Sluis Delfzijl



Puntdeuren die bij de kentering
gesloten moeten worden

11 September 2013

CT1101 – Waterbouw

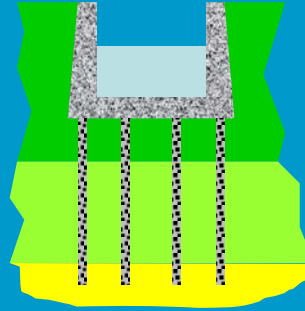
34

TU Delft

Constructie



Fundering op staal



Paalfundering

Funderen & grond

11 September 2013

CT1101 – Waterbouw

35

TU Delft

Krachten evenwicht

Toegepaste
Mechanica

Nu "en" later:

Eis: $\Sigma V = \Sigma H = \Sigma M = 0$

V: Vertikale krachten

H: Horizontale krachten

M: Momenten

Later / langere termijn:

Eis: **geringe vervorming
of zakkingen**

ΣV → 1. Draagkracht

ΣH → 2. Afschuiven

ΣM → 3. Kantelen

→ 4. Geen trek = kieren

→ 5. Piping (onder en achterloopsheid)

Grondmechanica

11 September 2013

CT1101 – Waterbouw

36

TU Delft

ΣV
 ΣM
 ΣH

Paalfundering
 Dragende grondlaag op 'grotere diepte'

Fundering op staal
 Dragende grondlaag zit 'hoog'

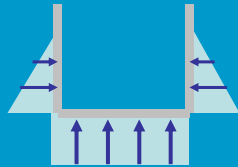
11 September 2013 CT1101 – Waterbouw 37 **TU**Delft

Groot onderhoud aan sluis bij Eefde in het Twentekanaal

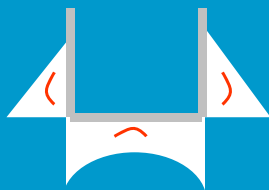
Opdrijven
Opbarsten

11 September 2013 CT1101 – Waterbouw 38 **TU**Delft

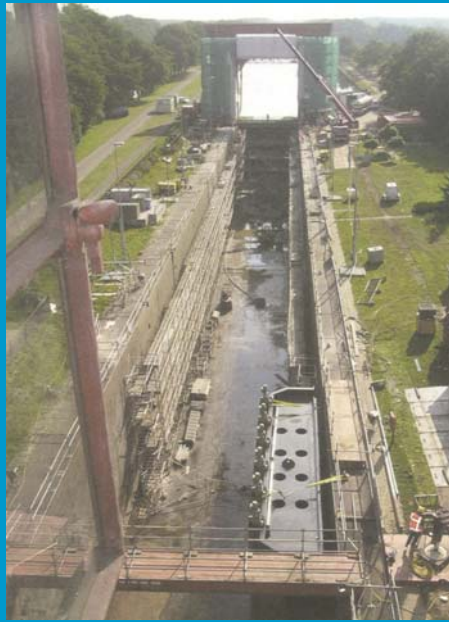
Groot onderhoud aan sluis bij Eefde in het Twentekanaal



Hydrostatische waterdruk



Buigende momenten



11 September 2013

CT1101 – Waterbouw

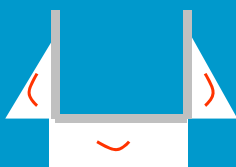
39



Maintenance to the lock at Eefde in the Twentekanaal



Horizontal earth pressure (active)



Bending moments



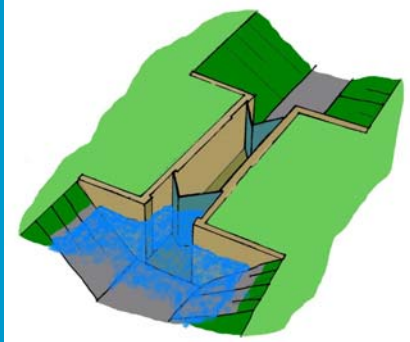
11 September 2013

CT1101 – Waterbouw

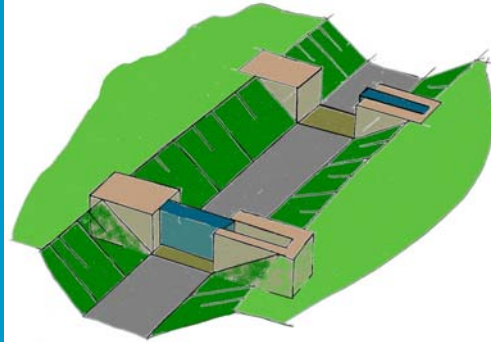
40



Wat voor ding / constructie ?



Betonnen bak met vleugelwanden



Sluis met een groene kolk (alleen) betonnen sluishoofden

11 September 2013

CT1101 – Waterbouw

41

TU Delft

Dwarsdoorsnede

'bak' (beton)

	STALEN DARVAND	GEVAPEND BETONNEN CONSTRUCTIES	COMBINATIE- STALEN DARVAND EN BETONNEN CONSTRUCTIE
BODEM ALS FILTER			
BODEM ALS STEMPELS			
GESLOTEN VLDER			

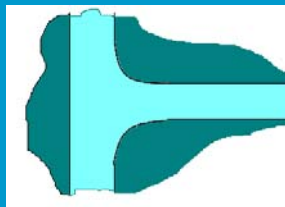
11 September 2013

CT1101 – Waterbouw

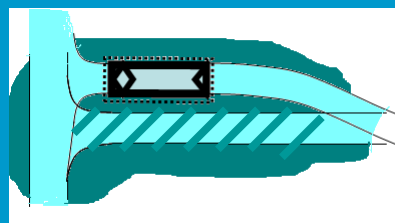
42

TU Delft

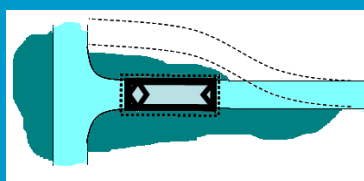
Uitvoering - Hoe pas je de sluis in?



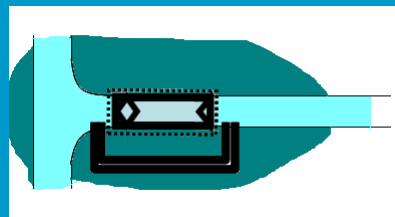
Nul-situatie



Permanente omlegging



Tijdelijke omlegging



Tijdelijke pijpomleiding water; schip?

11 September 2013

CT1101 – Waterbouw

43

TU Delft

Uitvoering: 'Design for Construction'

In den droge?
In den natte?

- Droog of Droog & Nat
- In-situ beton altijd in den droge
- Prefab droog/nat, maar hoe dan de verbindingen?
- Nat: Inzet drijvend materieel
- Nat: Meestal lagere productie

In-situ <==> Prefabricage

- Prefab: Productie 'vaak'
 - beter gecontroleerd
 - seriematig (grotere aantallen)
 - extra transport (problemen) (weg / drijvend transport)
- In-situ:
 - verbindingen maken
 - meestal lagere productie

11 September 2013

CT1101 – Waterbouw

44

TU Delft

**Fundering op staal
In den droge & In-situ**

- damwanden heien
- start ontgraven
- stempels / groutankers plaatsn

- verder ontgraven
- bronnen /
onderwaterbeton?
- droog zetten

Controle opbarsten

- bouw permanente vloer
- bouw wanden (stempels overpakken)
- aanvullen en damwand trekken

11 September 2013 CT1101 – Waterbouw 45 **TU**Delft

**Paalfundering
In den natte &
In-situ**

- damwanden heien
- palen heien
- stempels plaatsn

- onderwaterbeton
- droog zetten

Damwanden in afsluitende laag
of
onderwaterbeton

11 September 2013 CT1101 – Waterbouw 46 **TU**Delft

- bouw permanente vloer
- bouw wanden (stempels overpakken)
- aanvullen
- stempels verwijderen
- damwanden trekken

Stempels overpakken
of
gedeeltelijke grondaanvulling

11 September 2013 CT1101 – Waterbouw 47

FINITO
Have a nice day!



Wilfred Molenaar
Waterbouw (k 3.75)

- 1988 - Afgestudeerd:
Havens & Scheepvaartwegen
Constructieve Waterbouw
- 1989 - Ballast Nedam Engineering:
Bouwkuipen, bruggen, tunnels,
steigers, kademuren, etc
- 2003 - TUDelft Civiele Techniek:
Docent Constructieve Waterbouw
PIANC
Sluizen, Tsunami, Life Cycle,
Grote Drijvende 'Dingen'