

Project : Windpark Westerse Polder te Numansdorp

Betreft : Aanvullende stabiliteits- en pipinganalyse planperiode 100 jaar (2115)

Projectnummer : 06P002493-03

Documentnummer : 06P002493-03-adv-01

Datum : 17 mei 2019

Opgesteld door : Ing. M.J.M. Weinberg

Gezien : [REDACTED]

Status : Definitief

Opdrachtgever : Investment Engineering

Verzonden aan : Windpark Westerse Polder B.V., t.a.v. dhr. [REDACTED]

Inleiding

In juli 2016 zijn door Inpijn-Blokpoel Ingenieursbureau onder documentnummer 06P002493-01 revisie 01 op verzoek van IE Projects B.V. uit Zeist de resultaten gerapporteerd van een risico-analyse met betrekking tot de realisatie en exploitatie van 5 windturbines in Windpark Westerse Polder aan de Hoge Westerse Zomerpolderse Kade te Numansdorp.

In opdracht van Investment Engineering uit Zeist is opdracht gegeven voornoemde analyse uit te breiden voor een planperiode van 100 jaar (2115) voor de binnenwaartse macrostabiliteit en piping. In deze notitie worden de resultaten van deze uitbreiding gerapporteerd.

Doel van dit onderzoek is om een beeld te krijgen van een eventueel benodigde voorziening in de vorm van een binnenwaartse berm bij de planperiode van 100 jaar.

Macrostabiliteit

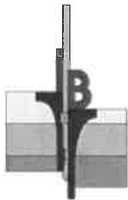
De berekeningen voor de macrostabiliteit zijn verricht met het programma D-Geostability. Daarbij is uitgegaan van de "glijcirkel-theorie" van Bishop en de "drukstaaf-theorie" van Uplift Van.

Aangezien het een planperiode van 100 jaar betreft, is de stabiliteit alleen voor de exploitatiefase van het windpark onderzocht en alleen voor de binnenwaartse macrostabiliteit.

Voor de binnenwaartse stabiliteit dient een toetscriterium van 1,21 te worden gehanteerd

Naast de uitgangspunten zoals omschreven in het documentnummer 06P002493-01 revisie 01 zijn de volgende aanvullende of aangepaste uitgangspunten gehanteerd:

- MHW 2015: NAP + 3,85 m
- Polderpeil binnendijs: NAP – 1,30 m.
- DTH 2115: NAP + 5,1 m.
- Voor de binnenwaartse dijkversterking voor de planperiode van 100 jaar zijn de volgende geometrische uitgangspunten gehanteerd:
 - Kruinbreedte: 3,0 m.
 - Helling binnentalud: 1 : 3.
 - Schouderhoogte eventuele stabiliteitsberm: NAP + 2,0 m.
 - Helling eventueel bermtalud: 1 : 3.
 - Helling bovenkant eventuele berm: 1 : 20.
- Indien de binnendijsse teensloot verlegd moet worden in verband met de aanleg van een binnenwaartse stabiliteitsberm zijn hiervoor de volgende geometrische uitgangspunten gehanteerd:
 - Onderhoudsstrook van 3,0 m tussen teen stabiliteitsberm en insteek nieuwe teensloot.
 - Breedte slootbodem: 0,5 m.
 - Helling sloottaluds: 1 : 1,5.
 - Diepte slootbodem: (NAP – 1,80 m (0,5 m beneden binnendijs polderpeil.



Opdracht : 06P002493-03
Document : 06P002493-03-adv-01
Project : Windpark Westerse Polder te Numansdorp

- Materiaal voor dijkversterking: klei met een volumegewicht van 17,0 kN/m³.

In eerste instantie is onderzocht of kan worden volstaan met een dijkverbetering zonder binnenwaartse stabiliteitsberm. Voor deze situatie is voor de rekenmethode Bishop een maatgevende stabiliteitsfactor van 1,11 berekend. Dit resultaat voldoet niet aan het toetscriterium. Het grafische resultaat van deze berekening is weergegeven in bijlage A-01.

Aangezien bij een dijkverbetering zonder binnendijkse stabiliteitsberm niet aan het gestelde stabiliteitscriterium wordt voldaan, is onderzocht of een dijkverbetering met een binnendijkse stabiliteitsberm met een breedte van 5,0 m wel voldoet. Voor deze situatie is voor de rekenmethode Bishop een maatgevende stabiliteitsfactor van 1,37 berekend en voor de rekenmethode Uplift Van een maatgevende stabiliteitsfactor van 1,28. Deze resultaten voldoen beide aan het toetscriterium. De grafische resultaten van deze berekeningen is weergegeven in bijlage A-02 en A-03.

Mogelijk kan de breedte van de stabiliteitsberm nog worden geoptimaliseerd.

Piping

De berekeningen voor piping zijn verricht volgens de theorie van Sellmeijer. Voor het verkrijgen van de rekenwaarde van het kritieke verhang dient de met Sellmeijer berekende waarde van het kritieke verhang gedeeld te worden door een veiligheidsfactor van 1,20.

De pipingberekeningen zijn gebaseerd op de uitgangspunten welke gehanteerd zijn voor de pipinganalyse voor de planstudie uitgevoerd door Fugro onder opdrachtnummer 1210-0089-002, gedateerd 12 augustus 2013.

De pipingberekeningen zijn uitgevoerd voor een holocene tussenzandlaag (klei, sterk silt- en/of zandhoudend of zand sterk kleihoudend) (formatie van Naaldwijk) en het pleistocene zand (formatie van Boxmeer).

In navolgende tabel is een overzicht gegeven van de gehanteerde uitgangspunten voor de pipingberekeningen.

Tabel 1. Uitgangspunten pipingberekeningen

Parameter	Eenheid	Holocene tussen "zand" laag	Pleistocene zandlaag
10-percentielwaarde korrelverdeling d ₁₀ ¹	[m]	0,00004	0,00006
70-percentielwaarde korrelverdeling d ₇₀ ¹	[m]	0,00013	0,00017
Uniformiteitscijfer U	[-]	7,40	2,66
c ₀	[-]	15.000 (losse pakking)	15.000 (losse pakking)
Sleepkrachtfactor (coëfficiënt van White) η	[-]	0,25	0,25
Rolweerstandshoek θ	[°]	41,0	41,0
Dikte zandlaag D	[m]	3,0	14,0
Horizontale lengte kwelweg L ²	[m]	47,0	80,0
Lengte opbarstkanaal d	[m]	0,2	8,7
Volumegewicht water γ _w	[kN/m ³]	9,81	9,81
(Schijnbaar) volumegewicht korrels onder water γ _p	[kN/m ³]	17,0	17,0
Maatgevend hoogwater MHW	[NAP .. m]	+ 3,85	+ 3,85
Sloot-/polderpell	[NAP .. m]	- 1,30	- 1,30

¹ In afwijking van de uitgangspunten in de planstudie van Fugro, zijn voor de percentielwaarden waarden gehanteerd die een factor 1.000 lager zijn.

² De lengte van de horizontale kwelweg en van het opbarstkanaal is vastgesteld voor de situatie met de stabiliteitsberm van 5 m en de binnendijkse teensloot op de nieuwe locatie.

Op basis van voorgaande uitgangspunten zijn in de navolgende tabel de resultaten van de pipingberekeningen weergegeven.



Opdracht : 06P002493-03
Document : 06P002493-03-adv-01
Project : Windpark Westerse Polder te Numansdorp

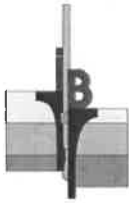
Tabel 2. Resultaten pipingberekeningen

	Aanwezig verhang ΔH [m]	Rekenwaarde kritieke verhang ΔH_c [m]	Toetsing
Holocene tussenzandlaag	5,15	8,10	voldoet
Pleistocene zandlaag	5,15	8,46	voldoet

Conclusies

Op basis van de verrichte aanvullende berekeningen voor een planperiode van 100 jaar wordt ten aanzien van:

1. De binnenwaartse macrostabiliteit geconcludeerd dat een stabiliteitsberm met een breedte van 5 m benodigd is om aan het gestelde toetscriterium te kunnen voldoen.
2. Piping geconcludeerd dat, rekening houdend met de voornoemde stabiliteitsberm, ruimschoots aan het gestelde toetscriterium wordt voldaan.

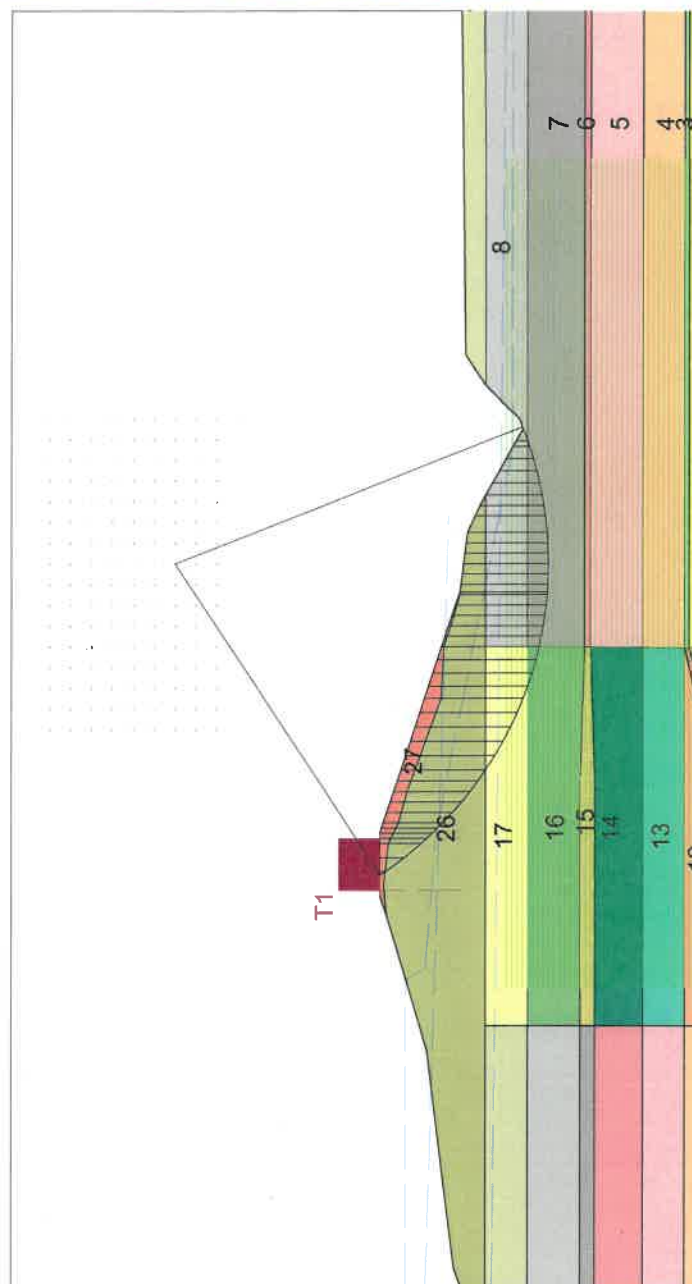


Opdracht : 06P002493-03
Document:
Project : Windpark Westerse Polder te Numansdorp

Bijlage A

Critical Circle Bishop

- Layers
- 28. Antropogeen klei
 - 27. Nieuw Dijkmateriaal
 - 26. Dijkmateriaal klei
 - 25. klei, zwak siltig, naast
 - 24. klei, sterk siltig, naast
 - 23. veen, naast
 - 22. klei, zwak siltig, naast
 - 21. klei, sterk siltig, naast
 - 20. klei, zwak siltig, naast
 - 19. klei, zwak siltig, naast
 - 18. veen, naast
 - 17. klei, zwak siltig, kruin
 - 16. klei, sterk siltig, kruin
 - 15. veen, kruin
 - 14. klei, zwak siltig, kruin
 - 13. klei, sterk siltig, kruin
 - 12. klei, zwak siltig, kruin
 - 11. klei, zwak siltig, kruin
 - 10. veen, kruin
 - 9. Antropogeen klei
 - 8. klei, zwak siltig, naast
 - 7. klei, sterk siltig, naast
 - 6. veen, naast
 - 5. klei, zwak siltig, naast
 - 4. klei, sterk siltig, naast
 - 3. klei, zwak siltig, naast
 - 2. veen, naast
 - 1. zandondergrond



Radius : 18,00 [m]
Safety : 1,11

Xm : 16,00 [m]
Ym : 15,00 [m]

D-Geo Stability 18.1 : 06P002493-03 43,0-43,65 STBI Bishop MHW(2115) exploitatie Rev 01 geen berm.sti



INPIJN-BLOKPOEL Ingenieursbureau

Phone 0499 - 47 17 92
Fax 0499 - 47 72 02

date
18-5-2019

drw.
MWG

Windpark Westerse Polder Hoge Westerse Zomer-
polderse Kade te Numansdorp

STBI MHW(2115) tijdens exploitatie

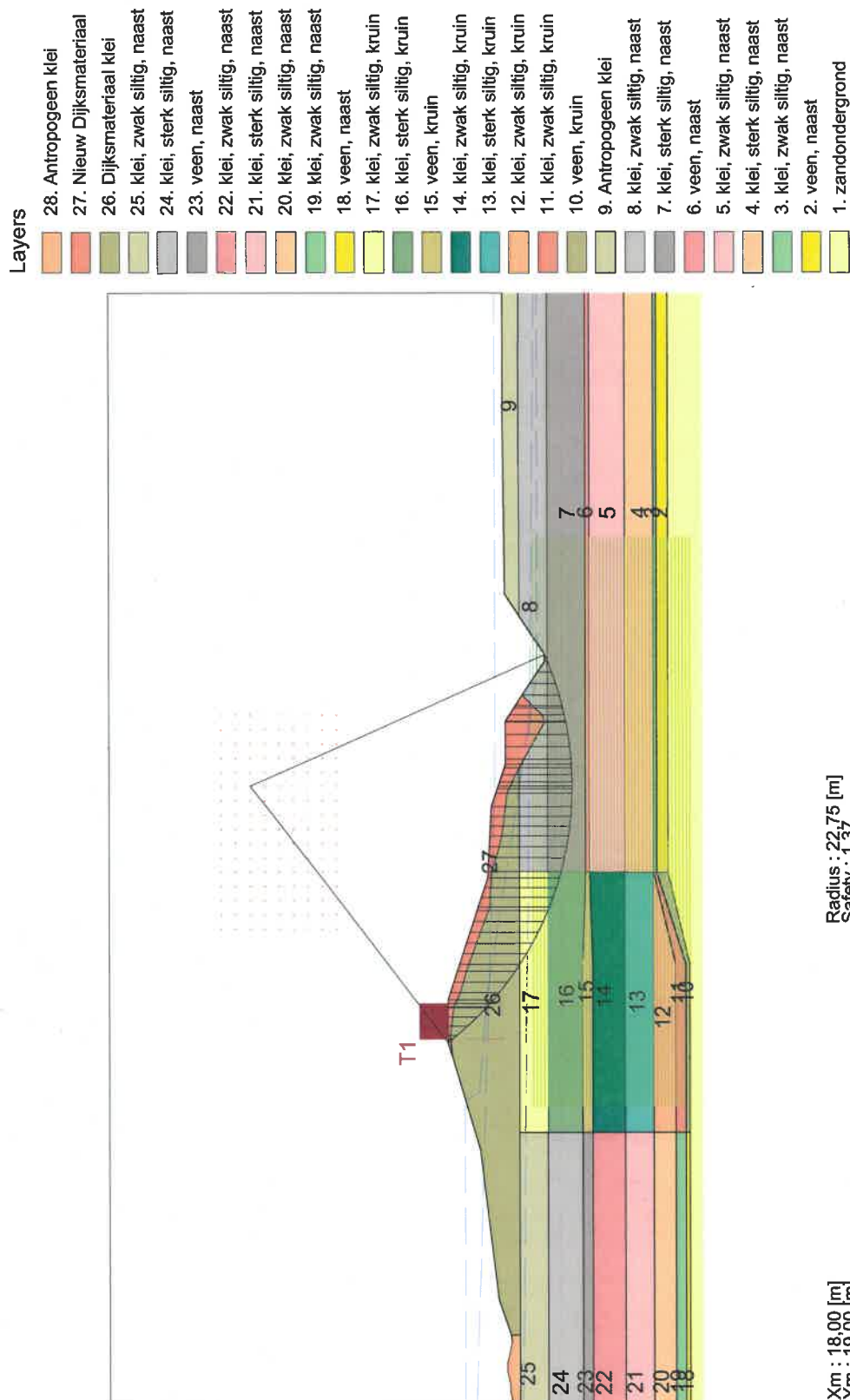
06P002493-03

ctr.

Annex A-01

form.
A4

Critical Circle Bishop



D-Geo Stability 18.1 : 06P002493-03 43,0-43,65 STBI Bishop MHW(2115) exploitatie Rev 01.stl

INPIJN-BLOKPOEL ingenieursbureau

Phone 0499 - 47 17 92
Fax 0499 - 47 72 02

date

18-5-2019

drw.

MWG

Windpark Westerse Polder Hoge Westerse Zomer-
polderse Kade te Numansdorp

STBI MHW(2115) tijdens exploitatie

06P002493-03

Annex A-02

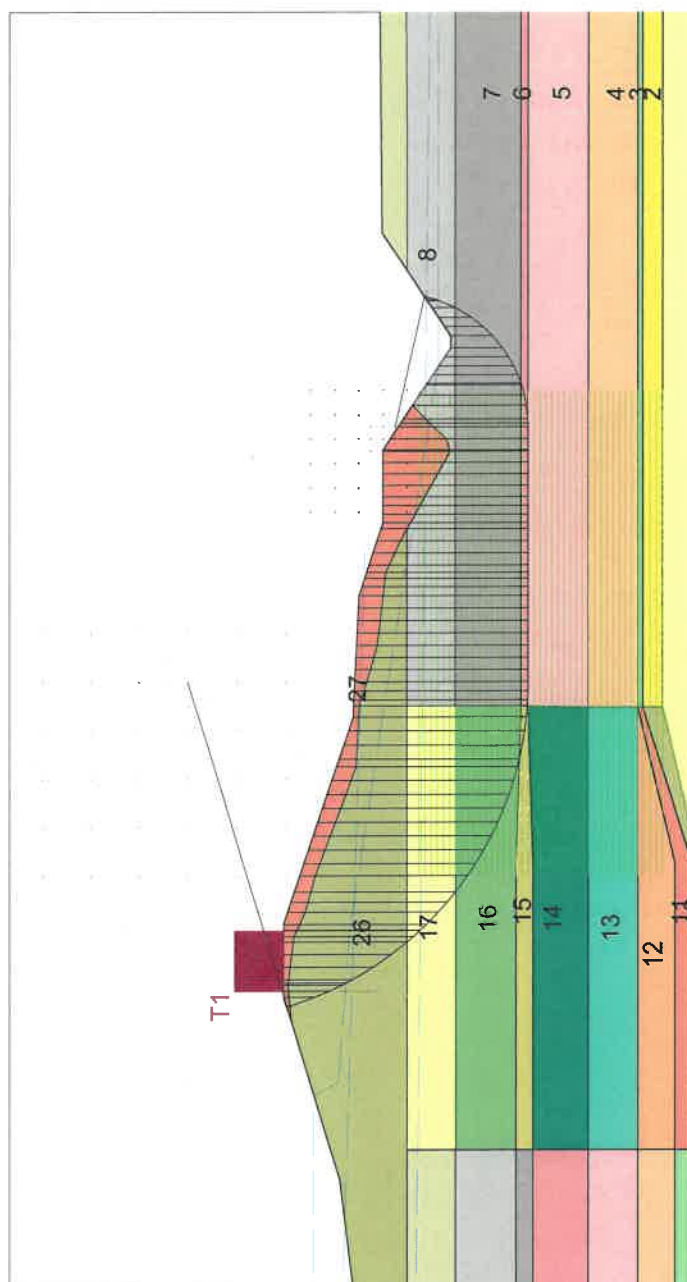
ctr.

form.

A4

Slip Plane Uplift Van

- Layers
- 28. Antropogeen klei
 - 27. Nieuw Dijksmateriaal
 - 26. Dijksmateriaal klei
 - 25. klei, zwak siltig, naast
 - 24. klei, sterk siltig, naast
 - 23. veen, naast
 - 22. klei, zwak siltig, naast
 - 21. klei, sterk siltig, naast
 - 20. klei, zwak siltig, naast
 - 19. klei, zwak siltig, naast
 - 18. veen, naast
 - 17. klei, zwak siltig, kruin
 - 16. klei, sterk siltig, kruin
 - 15. veen, kruin
 - 14. klei, zwak siltig, kruin
 - 13. klei, sterk siltig, kruin
 - 12. klei, zwak siltig, kruin
 - 11. klei, zwak siltig, kruin
 - 10. veen, kruin
 - 9. Antropogeen klei
 - 8. klei, zwak siltig, naast
 - 7. klei, sterk siltig, naast
 - 6. veen, naast
 - 5. klei, zwak siltig, naast
 - 4. klei, sterk siltig, naast
 - 3. klei, zwak siltig, naast
 - 2. veen, naast
 - 1. zandondergrond



Radius : 14,00 [m]
Safety : 1,28

Xm : 13,00 [m]
Ym : 9,00 [m]

D-Geo Stability 18.1 : 06P002493-03 43,0-43,85 STBI Uplift Van MHW(2115) exploitatie Rev 01.sti



INPIJN-BLOKPOEL Ingenieursbureau

Phone 0499 - 47 17 92
Fax 0499 - 47 72 02

date	drw.
18-5-2019	MWG
06P002493-03	ctr.
Annex A-03	form. A4

Windpark Westerse Polder Hoge Westerse Zomer-
polderse Kade te Numansdorp

STBI MHW(2115) tijdens exploitatie

