

RAPPORT

Verkenningfase versterking IJsselmeerdijk

Beoordeling geotechnische stabiliteit parallelle leidingen

Klant: Waterschap Zuiderzeeland

Referentie: BH5290-ZZ-XX-RP-Z-0021

Status: Definitief/C02

Datum: 11-10-2021

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
reception.ame-la@nl.rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Verkenningfase versterking IJsselmeerdijk

Ondertitel: IJMD_BGEO K&L

Referentie: BH5290-ZZ-XX-RP-Z-0021

Status: C02/Definitief

Datum: 11-10-2021

Projectnaam: Verkenningfase versterking IJsselmeerdijk

Projectnummer: BH5290

Auteur(s): Clara Spoorenberg, Mark van Oostende

Opgesteld door: Clara Spoorenberg, Mark van
Oostende

Gecontroleerd door: Harm Snoeren

Datum: 23-09-2021

Goedgekeurd door: Jan Valk

Datum: 11-10-2021

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden veelevoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V. en dient voor publicatie of anderszins openbaar maken te worden geanonimiseerd.

Inhoud

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Inleiding | 1 |
| 2 | Uitgangspunten | 2 |
| 2.1 | Referenties | 2 |
| 2.2 | Specifieke uitgangspunten geotechnische beoordeling NWO-leidingen | 2 |
| 2.2.1 | Veiligheidsbeoordeling IJsselmeerdijk STBI / STBU | 3 |
| 2.2.2 | Vertrekpunt stabiliteitsberekeningen | 3 |
| 2.2.3 | Schematiseringsfactor conform BOI | 4 |
| 2.3 | Leidinggegevens | 4 |
| 2.4 | Ontgrondingskraters | 5 |
| 2.5 | ArcGIS Viewer | 5 |
| 3 | Resultaten geotechnische beoordeling per dwarsprofiel | 6 |
| 3.1 | Inleiding | 6 |
| 3.2 | Dwarsprofiel 1 – HM26,6 | 6 |
| 3.3 | Dwarsprofiel 2 – HM28,0 | 7 |
| 3.4 | Dwarsprofiel 3 – HM31,85 | 7 |
| 3.5 | Dwarsprofiel 4 – HM32,4 | 8 |
| 3.6 | Dwarsprofiel 5a en 5b – HM32,7 | 9 |
| 3.7 | Dwarsprofiel 6 – HM33,9 | 10 |
| 3.8 | Dwarsprofiel 7 – HM34,8 | 11 |
| 4 | Conclusie | 12 |

Bijlagen

- 1 Locatie dwarsprofielen
- 2 Tekeningen dwarsprofielen
- 3 Beoordeling IJsselmeerdijk STBI/STBU
- 4 Resultaten D-Geostability
- 5 Ontgrondingskraters en noodzaak vervangende waterkering

1 Inleiding

Royal HaskoningDHV heeft van het Waterschap Zuiderzeeland opdracht gekregen om gezamenlijk tot een voorkeursbesluit (VKB) te komen voor de versterking van de IJsselmeerdijk van de Ketelbrug tot aan de Houtribsluizen bij Lelystad. In deze rapportage is bepaald wat de bijdrage van de leidingen is op de waterveiligheid van de dijk en of er vanuit dit oogpunt maatregelen nodig zijn.

Figuur 1-1 geeft een indicatie van het te versterken dijktraject. Tevens geeft het een indicatie van de in eerdere projectfasen aangehouden dijktrajecten weer.



Figuur 1-1 Trajecten dijkversterking

Momenteel zijn meerdere varianten voor de versterking van de IJsselmeerdijk mogelijk. De ingreep bij deze varianten kan enerzijds meer binnendijks danwel meer buitendijks georiënteerd zijn. Om de impact van eventueel leidingfalen op de waterveiligheid te bepalen zijn geotechnische stabiliteitsberekeningen uitgevoerd. Hierbij zijn enkel de parallel liggende leidingen beoordeeld die in het huidige dijkprofiel liggen, maar niet geraakt worden door de dijkversterking.

De kruisende leidingen zijn niet beoordeeld omdat deze hoe dan ook verlegd moeten worden vanuit het oogpunt fysiek raken, bereikbaarheid voor onderhoud en dieptelgging. Uitzondering hierop zijn de kruisende k&l ter plaatse van de loswal en de Maxima Centrale omdat hier de dijkversterking nihil is / geen impact zal hebben op de k&l. Voor de kruisende leidingen zijn op deze locatie probabilistische verdiepingsslagen voorzien.

Voor de geotechnische beoordeling is uitgegaan van de variant met de breedste binnendijkse versterking in combinatie met de berekende ontgrondingskraters. Oftewel de variant waarbij de dijkversterkingscontour het verst binnendijks reikt. De beschouwing is uitgevoerd voor 7 maatgevende dwarsprofielen waar leidingen parallel aan de dijk liggen. Binnen alle maatgevende dwarsprofielen ligt de parallelle leiding buiten de fysieke versterkingscontour. De ontgrondingskrater is daarbij ten opzichte van het dwarsprofiel geprojecteerd.

Uit de eerdere inventarisatie k&l is gebleken dat er buitendijks slechts een beperkt aantal k&l liggen. Hierdoor is de buitendijkse dijkversterkingsvariant niet meegenomen in de beoordeling van de ontgrondingskraters van leidingen op de waterveiligheid middels de geotechnische stabiliteitsberekening. In de vervolgfase wordt een impactanalyse op de k&l uitgevoerd voor meerdere dijkversterkingsvarianten, waarbij zowel de binnen- en buitendijkse versterkingen worden beschouwd.

2 Uitgangspunten

2.1 Referenties

- [ref. 1] Rapportage: Quickscan beïnvloeding kabels en leidingen, BH5290-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0006, Royal HaskoningDHV, 18 maart 2021.
- [ref. 2] Rapport POV K&L: Bepalen ontgrondingskrater gas- en waterleidingen, projectnaam: afleiden filters voor gas- en waterleidingen parallel aan waterkeringen, referentie: BH2853-RHD-ZZ-ZZ-RP-Z-0001, status: P01.01/S0, opgesteld door: Royal HaskoningDHV en Deltares, d.d. 23 november 2020, opdrachtgever: POV k&l.
- [ref. 3] ArcGis Viewer, versie 28-06-2021 "K&L Viewer IJsselmeerdijken BH5290, link: <https://experience.arcgis.com/experience/b948abfa9e954338bb530a2ac66cc5e0>.
- [ref. 4] Rapportage: Plan van aanpak K&L, BH5290-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0006_CPVAK&L, Royal HaskoningDHV, 2 juli 2021.
- [ref. 5] Rapportage: Wettelijke Beoordeling Primaire Waterkering normtraject 8-3, rapportnummer 544834, status: Definitief, vastgesteld door Dijkgraaf en Heemraden van Waterschap Zuiderzeeland in haar vergadering van 20 november 2018, Waterschap zuiderzeeland, d.d. 20 november 2018.
- Digitale rekenbestanden behorend bij fase 2 (D-GeoStability berekeningen), HKV.

2.2 Specifieke uitgangspunten geotechnische beoordeling NWO-leidingen

In deze fase is uitsluitend de geotechnische stabiliteit van de parallel met de dijk gelegen leidingen inclusief ontgrondingskraters beoordeeld. Hiertoe is een aantal maatgevende dwarsdoorsneden geselecteerd, zie Figuur 2-1 en voor een gedetailleerder overzicht bijlage 1. De tekeningen met dwarsprofielen waarin de locatie van k&l zijn geprojecteerd, zijn opgenomen in bijlage 2. De locatie van deze dwarsdoorsneden is gebaseerd op de aanwezigheid van een leiding en de minimale afstand daarvan tot de dijk.

Ter plaatse van deze doorsneden is een stabiliteitsberekening gemaakt met en zonder ontgrondingskrater. Dit om te beoordelen of de ontgrondingskrater invloed heeft op de stabiliteit van de waterkering en zo ja, wat de omvang van deze beïnvloeding is.

In hoofdstuk 3 zijn per dwarsprofiel de maatgevende kenmerken gerapporteerd en zijn de resultaten van de berekeningen beschreven.



Figuur 2-1 Overzicht maatgevende dwarsprofielen

2.2.1 Veiligheidsbeoordeling IJsselmeerdijk STBI / STBU

In bijlage 3 is de beoordeling van de dijk op STBI / STBU (stabiliteit binnenwaarts / buitenwaarts) opgenomen uit de veiligheidsbeoordeling van de IJsselmeerdijken [ref. 5]. Hieruit blijkt, dat de dijk ter plaatse van dwarsprofielen 1 en 2 niet voldoet aan de signaleringswaarde voor stabiliteit binnenwaarts. Ter plaatse van de overige vakken is de overstromingskans kleiner dan de signaleringswaarde. Voor stabiliteit buitenwaarts voldoen alle profielen aan de signaleringswaarde. De resultaten van de beoordeling voor de overige faalmechanismen zijn niet in onderliggend rapport opgenomen.

Ter informatie: het betreft hier de veiligheidsbeoordeling zonder ontgrondingskrater en zonder dijkversterking.

2.2.2 Vertrekpunt stabiliteitsberekeningen

De berekeningen ten behoeve van onderliggend rapport zijn gebaseerd op de oorspronkelijke berekeningen die ten behoeve van de beoordeling van de IJsselmeerdijken zijn gemaakt (refererend aan paragraaf 2.2.1). Hierin is het versterkte profiel geschematiseerd als "huidige situatie". Voor de beoordeling van de invloed van de leidingen, is de maatgevende ontgrondingskrater geschematiseerd.

De bodemopbouw ter plaatse van de maatgevende dwarsprofielen is gecontroleerd aan de hand van het recent uitgevoerd veldonderzoek (conform projectnr. 77351 van Wiertsema). Een nieuwe sterkteparameterset is nog niet voorhanden, gebruik is gemaakt van de bestaande set. Verder zijn alle uitgangspunten voor de berekeningen met betrekking tot macrostabiliteit overgenomen uit de TUN. Dit geldt zowel voor de sterkteparameters van de grondlagen, als de hydrologische uitgangspunten. Bij de hydrologische uitgangspunten wordt opgemerkt dat de invloed op de stijghoogte gezien het geringe verschil in dijkzate (afstand van teen tot teen) verwaarloosbaar wordt geacht. De freatische lijn is wel aangepast, het betreft veelal minieme wijzigingen, bijvoorbeeld indien de berm langer wordt, is het snijpunt met het binnentalud mee naar binnen verplaatst.

2.2.3 Schematiseringsfactor conform BOI

De beoordeling is uitgevoerd conform het BOI (beoordelings- en ontwerpinstrumentarium), er is geen rekening gehouden met een schematiseringsfactor, omdat is uitgegaan van een beoordeling in plaats van een ontwerp. Oftewel: dijk inclusief dijkversterking zijn aanwezig en invloed van de leidingen daarop is beoordeeld. Bovendien is er nog geen schematiseringsfactor afgeleid. Derhalve is de stabiliteitseis (S.F._{eis}) aangehouden op basis van de signaleringswaarde (conform de methodiek voor beoordeling). De aangehouden veiligheidsfactoren zijn opgenomen in Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Veiligheidsfactoren beoordeling stabiliteit

| Spoor [-] | Norm [-] | P _{eis} [per jaar] | P _{eis;spoor;dsn} [per jaar] | B _{eis;dsn} [-] | γ _n [-] | γ _d [-] | S.F. _{eis} [-] |
|--------------|--------------------|--------------------------------|--|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|
| STBI | Signaleringswaarde | 1/30.000 | 8,21 x 10 ⁻⁸ | 5,23 | 1,20 | 1,06 | 1,27 |
| STBI | Ondergrens | 1/10.000 | 2,49 x 10 ⁻⁷ | 5,03 | 1,16 | 1,06 | 1,23* |
| STBU | Signaleringswaarde | 1/3.000 | 8,21 x 10 ⁻⁷ | 4,79 | 1,13 | 1,06 | 1,20 |
| STBU | Ondergrens | 1/1.000 | 2,49 x 10 ⁻⁶ | 4,57 | 1,09 | 1,06 | 1,16* |

Met γ_n = schadefactor en γ_d = modelfactor (Uplift Van)

* Bij een schematiseringsfactor >1,0 (waarschijnlijk), ligt de stabiliteitseis hoger. Dit is de minimumwaarde.

Ter indicatie: Bij een schematiseringsfactor van 1,10 bedraagt de S.F._{eis} 1,35. Verwacht wordt dat er voldoende informatie met betrekking tot de schematisering van bodemopbouw en waterspanningen voorhanden is, om een schematiseringsfactor van 1,10 of lager te kunnen onderbouwen. Dit is echter onderdeel van de volgende ontwerpfase.

Ten overvloede: Indien het berekende dwarsprofiel met ontgrondingskrater aan de minimaal vereiste stabiliteitsfactor voldoet (beoordeling danwel ontwerp), dan mag de faalkans van de leiding 1 zijn. Dit is een zeer conservatief uitgangspunt.

2.3 Leidinggegevens

Van de k&l die een raakvlak met de dijkversterking hebben zijn aanvullende gegevens opgevraagd en is de informatie geverifieerd bij k&l beheerders. De aanvullende informatie heeft betrekking op ondermeer:

- Leidingmateriaal.
- Leidingdiameter.
- Inwendige drukken.
- Locatie wanddikte overgang.
- Diepteligging van k&l (gronddekkingen).
- Hulpstukken in k&l tracés.
- Detailtekeningen.
- Planning voor het vervangen of de aanleg van nieuwe k&l.

Op basis van de aanvullend verkregen informatie (waaronder werkelijke inwendige drukken) zijn de afmetingen van de ontgrondingskraters herzien, zie paragraaf 2.4.

2.4 Ontgrondingskraters

Ten behoeve van de geotechnische beoordeling zijn de ontgrondingskraters bepaald voor de leidingen. In bijlage 5 zijn de uitgangspunten en resultaten van deze ontgrondingskraters opgenomen. De berekeningen zijn uitgevoerd voor de:

- Drinkwaterleidingen.
- Hoge druk gasleidingen.
- Lage druk gasleidingen;
- En de druk- en vrijval riolen.

Voor de quickscan [ref. 1] was uitgegaan van uitwendige leidingdiameters uit de KLIC en aangenomen inwendige drukken. Voor de in onderliggend document uitgevoerde beoordelingen zijn aanvullende gegevens ten aanzien van de leidingdiameters, inwendige drukken en diepteliggingen opgehaald bij de netbeheerders. De eerder aangenomen inwendige drukken voor de drinkwaterleidingen van Vitens en drukriolen van de gemeente waren conservatief en zijn nu naar beneden bijgesteld. Voor de Gasunie leidingen is de inwendige druk naar boven toe bijgesteld.

Omdat er in deze fase in afwijking tot de quickscan [ref. 1], gebruik kan worden gemaakt van de bijgestelde inwendige drukken is voor de drinkwaterleidingen en drukriolen uitgegaan van de pragmatisch uitgebreide berekeningsmethodiek. De afmetingen van de ontgrondingskraters zijn hierdoor gereduceerd. Voor de gasleidingen van Liander en de Gasunie is uitgegaan van de uitgebreide berekeningsmethodiek overeenkomstig de quickscan. Voor de vrijval riolen zijn geen aanvullende gegevens beschikbaar gekomen waardoor niet is afgeweken van de vereenvoudigde berekeningsmethodiek overeenkomstig de quickscan.

Voor achtergrond informatie omtrent de berekeningsmethodieken en uitgangspunten wordt verwezen naar het POV K&L document [ref. 2]. Een beknopte toelichting van de berekeningsmethodieken is gegeven in Bijlage 5.

2.5 ArcGIS Viewer

De herziene ontgrondingskraters en voornaamste leidinggegevens zijn opgenomen in de ArcGis Viewer [ref. 4]. De ontgrondingskraters in GIS zijn gebaseerd op:

- Drinkwaterleidingen en drukriolen: pragmatisch uitgebreide berekeningsmethodiek.
- Vrijval leidingen: vereenvoudigde berekeningsmethodiek.
- Gasleidingen: uitgebreide berekeningsmethodiek.

3 Resultaten geotechnische beoordeling per dwarsprofiel

3.1 Inleiding

Per dwarsprofiel zijn de maatgevende kenmerken gerapporteerd en zijn de resultaten van de berekeningen beschreven. Indien het berekende dwarsprofiel met ontgrondingskrater (aangenomen faalkans leiding is 1,0) aan de vereiste stabiliteitseis ($S.F._{eis}$) voldoet, dan wordt voldaan aan de vereiste waterveiligheid van de dijk. De impact van eventueel leidingfalen op de waterveiligheid van de dijk is dan acceptabel.

Omdat de IJsselmeerdijken niet pipinggevoelig zijn (zanddijk op een zandcunet), is uitsluitend de impact op de beoordelingssporen macrostabiliteit buiten- en/of binnenwaarts beoordeeld.

Indien niet voldaan wordt aan de minimaal vereiste stabiliteitseis dan is een verdiepingslag (probabilistische beschouwing) mogelijk waarbij de daadwerkelijke faalkans van de leiding wordt meegenomen.

3.2 Dwarsprofiel 1 – HM26,6



Figuur 3-1: Maatgevende leiding dwarsprofiel 1 – HM26,6

Ligging leiding binnendijks: beoordeling macrostabiliteit binnenwaarts

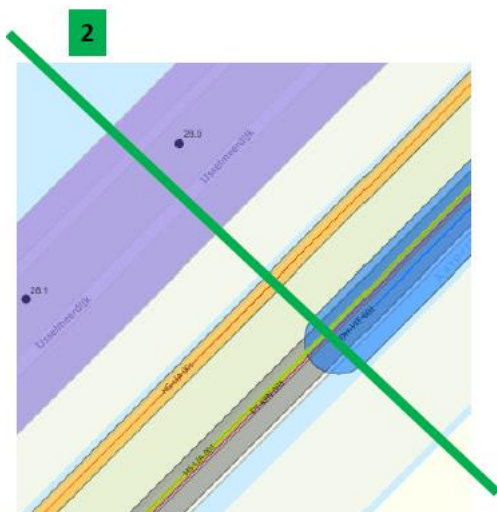
De bodemopbouw is gebaseerd op DKMP051

Maatgevende leiding: drinkwater binnendijks (DW-VIT-002):

- Gb is de straal van de ontgrondingskrater haaks op de leiding = 9,8 m;
 - Dk is de diepte van de ontgrondingskrater ten opzichte van maaiveld = 1,5 m;
- De minimale afstand van de aanwezige K&L vanaf huidige buitenkruinlijn bedraagt 108 m.

S.F. zonder ontgrondingskrater: 1,41. Met een straal van bijna 10 m ligt de ontgrondingskrater ruim 45 m buiten het uittredepunt van de glijcirkel. Conclusie: Er wordt geen invloed verondersteld van de ontgrondingskrater op stabiliteit waterkering vanwege de grote afstand van de krater tot het uittredepunt van de glijcirkel. De situatie met ontgrondingskrater is dan ook niet gepresenteerd.

3.3 Dwarsprofiel 2 – HM28,0



Figuur 3-2: Maatgevende leiding dwarsprofiel 2 – HM28,0

Ligging leiding binnendijs: beoordeling macrostabiliteit binnenwaarts

De bodemopbouw is gebaseerd op DKMP044.

Maatgevende leiding: HD gas binnendijs (HG-LIA-001):

- Gb is de straal van de ontgrondingskrater haaks op de leiding = 4,3 m;
 - Dk is de diepte van de ontgrondingskrater ten opzichte van maaiveld = 1,3 m;
- De afstand van de maatgevende leiding vanaf de huidige buitenkruin bedraagt 75 m.

S.F. zonder krater: 1,30; S.F. met krater: 1,27. Conclusie: Er is een geringe invloed op de berekende stabiliteitsfactor, het profiel voldoet met ontgrondingskrater nog juist aan de signaleringswaarde.

3.4 Dwarsprofiel 3 – HM31,85



Figuur 3-3: Maatgevende leiding dwarsprofiel 3 – HM31,85

Ligging leiding buitendijks: beoordeling macrostabiliteit buitenwaarts

De bodemopbouw is gebaseerd op DKMP022.

Maatgevende leiding: drinkwater buitendijks (DW-VIT-027):

- Gb is de straal van de ontgrondingskrater haaks op de leiding = 5,8 m;
 - Dk is de diepte van de ontgrondingskrater ten opzichte van maaiveld = 1,3 m;
- De afstand van de maatgevende leiding vanaf de huidige buitenkruinlijn bedraagt 29 m.
S.F. zonder krater: 5,83; S.F. met krater: 4,65. Conclusie: De stabiliteitsfactor is zeer hoog en er is geen invloed van de ontgrondingskrater op stabiliteit waterkering door het hoge voorland.

3.5 Dwarsprofiel 4 – HM32,4



Figuur 3-4: Maatgevende leiding dwarsprofiel 4 – HM32,4

Ligging leiding binnendijks: beoordeling macrostabiliteit binnenwaarts

De bodemopbouw is gebaseerd op DKMP022.

Maatgevende leiding: drinkwater gemeente binnendijks (DW-GEM-001). De drinkwaterleidingen van de gemeente op de camperopstelplaats hebben een aangenomen kleine diameter en relatief lage druk. De DW-GEM-001 ligt op minimale afstand namelijk circa 31 m vanaf de huidige buitenkruinlijn. Omdat de ontgrondingskrater afmeting niet bekend is van deze gemeentelijke drinkwaterleidingen is uitgegaan van de ontgrondingskrater afmeting van de verder weg (52 m) gelegen drinkwaterleiding van Vitens (DW-VIT-030).

- Gb is de straal van de ontgrondingskrater haaks op de leiding = 5,8 m;
 - Dk is de diepte van de ontgrondingskrater ten opzichte van maaiveld = 1,3 m;
- De aangehouden afstand van de maatgevende leiding vanaf de huidige buitenkruinlijn bedraagt 31 m.

S.F. zonder krater: 1,40; S.F. met krater: 1,27. Conclusie: Het profiel voldoet hiermee nog juist aan de signaleringswaarde. Voor de vervolgfase dient aanvullende informatie omtrent diepte en leidingdiameter te worden opgevraagd voor deze gemeentelijke drinkwaterleidingen. In de huidige beschouwing is van een grotere leidingdiameter en ontgrondingskrater uitgegaan dan wordt verwacht, dit betreft voornamelijk een conservatief uitgangspunt. De verwachting is, dat de inwendige druk circa 2,5 bar en de leidingdiameter circa 32 mm bedraagt, wat resulteert in een ontgrondingskrater van circa 2,6 m.

De buitendijks gelegen drinkwaterleiding is vergelijkbaar met dwarsprofiel 3. De afstand van de buitenkruinlijn tot deze leiding is gelijk, de ontgrondingskrater is iets kleiner. Wel loopt het voorland in dwarsprofiel 4 iets meer af dan in dwarsprofiel 3, echter gezien de hoge berekende stabiliteitsfactoren in

dwarsprofiel 3, is het te verantwoorden op deze berekening tevens als maatgevend voor dwarsprofiel 4 te veronderstellen.

3.6 Dwarsprofiel 5a en 5b – HM32,7



Figuur 3-5: Maatgevende leiding dwarsprofiel 5a en 5b – HM32,7

Ligging leiding binnendijs: beoordeling macrostabiliteit binnenwaarts

De bodemopbouw is gebaseerd op DKMP016

Maatgevende leiding 5a: drinkwaterleiding (DW-VIT-005) binnendijs.

- Gb is de straal van de ontgrondingskrater haaks op de leiding = 8,5 m;
- Dk is de diepte van de ontgrondingskrater ten opzichte van maaiveld = 1,4 m;
De afstand van de maatgevende leiding vanaf de huidige buitenkruinlijn bedraagt 43 m .

S.F. zonder krater: 1,38; S.F. met krater: 1,36. Conclusie: Het profiel voldoet met ontgrondingskrater nog aan de signaleringswaarde.

Maatgevende leiding 5b: rioolleiding binnendijs (DR-GEM-002)

- Gb is de straal van de ontgrondingskrater haaks op de leiding = 5,4 m;
- Dk is de diepte van de ontgrondingskrater ten opzichte van maaiveld = 1,8 m;
De afstand van de maatgevende leiding vanaf de huidige buitenkruinlijn bedraagt 52 m .

S.F. zonder krater: 1,98; S.F. met krater: 1,71. Conclusie: Het profiel voldoet met ontgrondingskrater ruim aan de signaleringswaarde.

3.7 Dwarsprofiel 6 – HM33,9



Figuur 3-6: Maatgevende leiding dwarsprofiel 6 – HM33,9

Ligging leiding binnendijs: beoordeling macrostabiliteit binnenwaarts

De bodemopbouw is gebaseerd op DKMP016.

Maatgevende leiding: waterleiding binnendijs (DW-VIT-003)

- Gb is de straal van de ontgrondingskrater haaks op de leiding = 5,8 m
 - Dk is de diepte van de ontgrondingskrater ten opzichte van maaiveld = 1,3 m
- De afstand van de leiding vanaf de huidige buitenkruin bedraagt 26 m.

S.F. zonder krater: 1,42; S.F. met krater: 1,33. Conclusie: Het profiel voldoet met ontgrondingskrater nog aan de signaleringswaarde.

De buitendijs gelegen drinkwaterleiding is vergelijkbaar met dwarsprofiel 3. De afstand van de buitenkruinlijn tot deze leiding is gelijk, de ontgrondingskrater is iets kleiner. De bodemopbouw is vergelijkbaar. Gezien de hoge berekende stabiliteitsfactoren in dwarsprofiel 3, is het te verantwoorden op deze berekening tevens als maatgevend voor dwarsprofiel 6 te veronderstellen.

3.8 Dwarsprofiel 7 – HM34,8



Figuur 3-7: Maatgevende leiding dwarsprofiel 7 – HM34,8

Ligging leiding buitendijks: beoordeling macrostabiliteit buitenwaarts

De bodemopbouw is gebaseerd op DKMP009

Maatgevende leiding: drinkwater buitendijks (DW-VIT-015) en drinkwater binnendijks (DW-VIT-006). Het vrijval riool van de gemeente ligt op kortere afstand van de dijk maar heeft een kleinere ontgrondingskrater.

Drinkwater buitendijks:

- Gb is de straal van de ontgrondingskrater haaks op de leiding = 5,8 m
 - Dk is de diepte van de ontgrondingskrater ten opzichte van maaiveld = 1,3 m
- De afstand van de leiding vanaf de huidige buitenkruin bedraagt 36 m

S.F. zonder krater: 5,83; S.F. met krater: 5,76. Conclusie: Het profiel voldoet met ontgrondingskrater ruim aan de signaleringswaarde.

Drinkwater binnendijks:

- Gb is de straal van de ontgrondingskrater haaks op de leiding = 5,8 m
 - Dk is de diepte van de ontgrondingskrater ten opzichte van maaiveld = 1,3 m
- De afstand van de leiding vanaf de huidige buitenkruin bedraagt 58 m

S.F. zonder krater: 2,61. Het binnendijkse maaiveld is relatief hoog, waardoor de stabiliteitsfactor hoog is. De leiding ligt zo ver buiten het uittredepunt van de glijcirkel (meer dan 20 m), waardoor deze geen invloed zal hebben.

4 Conclusie

Parallele leidingen

In deze rapportage zijn voor enkele maatgevende dwarsprofielen de maatgevende parallel gelegen leidingen beoordeeld in relatie tot de waterveiligheid van de IJsselmeerdijk. Uit deze geotechnische beoordeling volgt, dat op basis van de dijkversterkingsvariant met de breedste binnendijkse versterking, voldaan wordt aan de stabiliteitseis (conform signaleringswaarde) met een aanwezige ontgrondingskrater van de parallel liggende leidingen. Op grond hiervan is er geen noodzaak om voor deze dijkversterkingsvariant vervolgoetsingen (geotechnische verdiepingsslag) van parallel liggende leidingen uit te voeren.

Een voorbehoud moet worden gemaakt voor de drinkwaterleiding van de gemeente Lelystad (DW-GEM-001) ter plaatse van dwarsprofiel 4, waarbij nog net voldaan wordt aan de signaleringswaarde voor de waterveiligheid. Voor deze locatie zijn de berekeningen gebaseerd op een aangenomen druk en leidingdiameter. De verwachting is, dat de situatie minder ongunstig is. Ter verificatie is de aanbeveling om in de vervolgfase; aanvullende informatie omtrent diepte, leidingdiameter en inwendige druk op te halen bij gemeente Lelystad. Indien noodzakelijk is het noodzakelijk een proefsleuf te maken.

De uitgevoerde beschouwingen hebben betrekking op de dijkversterkingsvariant die het verst binnendijks reikt. Indien het VKB (voorkeursbesluit) wordt gebaseerd op een variant die minder ver binnendijks reikt zal de invloed van de leidingen op de waterveiligheid afnemen. Voor de buitendijks gelegen leidingen kan de beïnvloeding echter wel toenemen. Een aanvullende geotechnische beoordeling kan dan noodzakelijk worden.

Ondanks dat de beïnvloeding van de parallelle leidingen op de dijk acceptabel zijn, moet aangetoond worden, dat deze leidingen tenminste voldoen aan de NEN3650-serie.

Kruisende leidingen

Voor de kruisende leidingen is het uitgangspunt, dat deze vanuit het oogpunt fysiek raken, bereikbaarheid voor onderhoud en diepteligging hoe dan ook verlegd moeten worden vanwege de versterking van de IJsselmeerdijk. De kruisende leidingen zijn daarom niet beoordeeld in deze rapportage.

Waar nodig kan een eventueel geotechnische verdiepingsslag worden uitgevoerd voor specifieke leidinglocaties om te beoordelen of een leiding al dan niet kan blijven liggen. Hiervoor is een probabilistische beschouwing voorzien van de dijkstabiliteit inclusief ontgrondingskrater. Deze verdiepingsslag is vooralsnog met name gericht op de leidingen nabij de loswal en de Maxima Centrale omdat hier de dijkversterking nihil is / geen impact zal hebben op de leidingen.

Plan van Aanpak

De vervolgstappen voor de verkenningsfase en planuitwerkingsfase zijn gegeven in het Plan van Aanpak [ref. 4].

Bijlage

1 Locatie dwarsprofielen

Bijlage

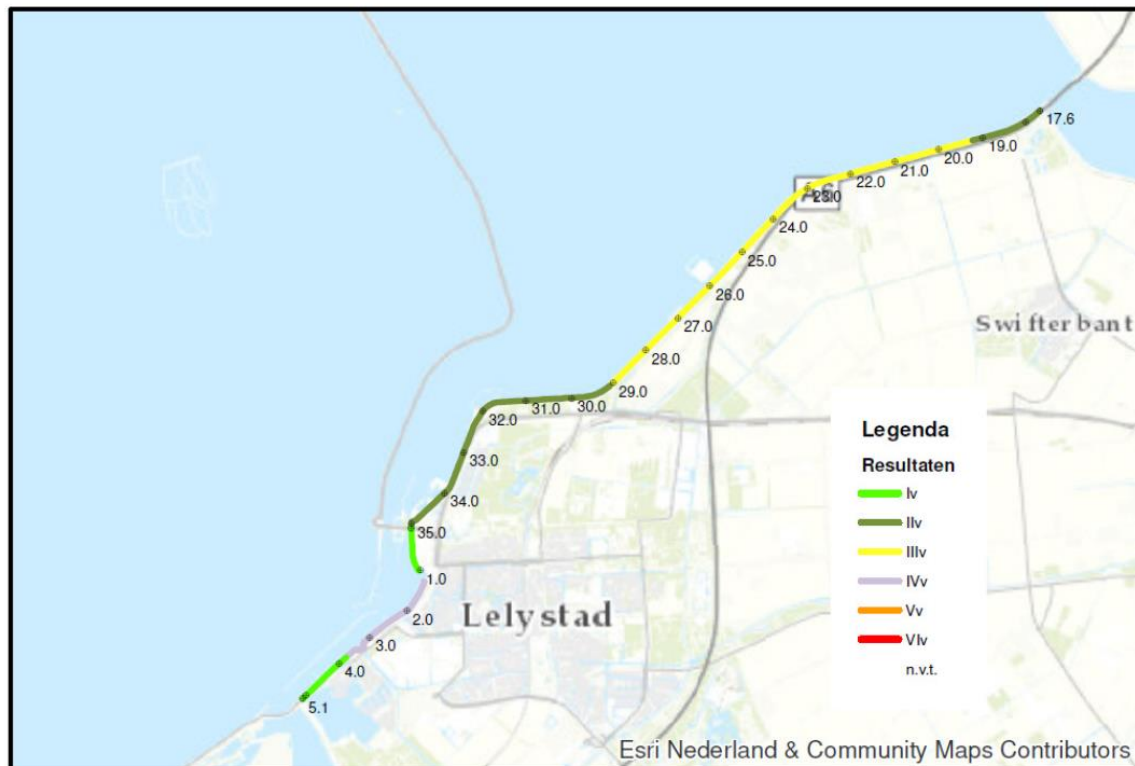
2 Tekeningen dwarsprofielen

Bijlage

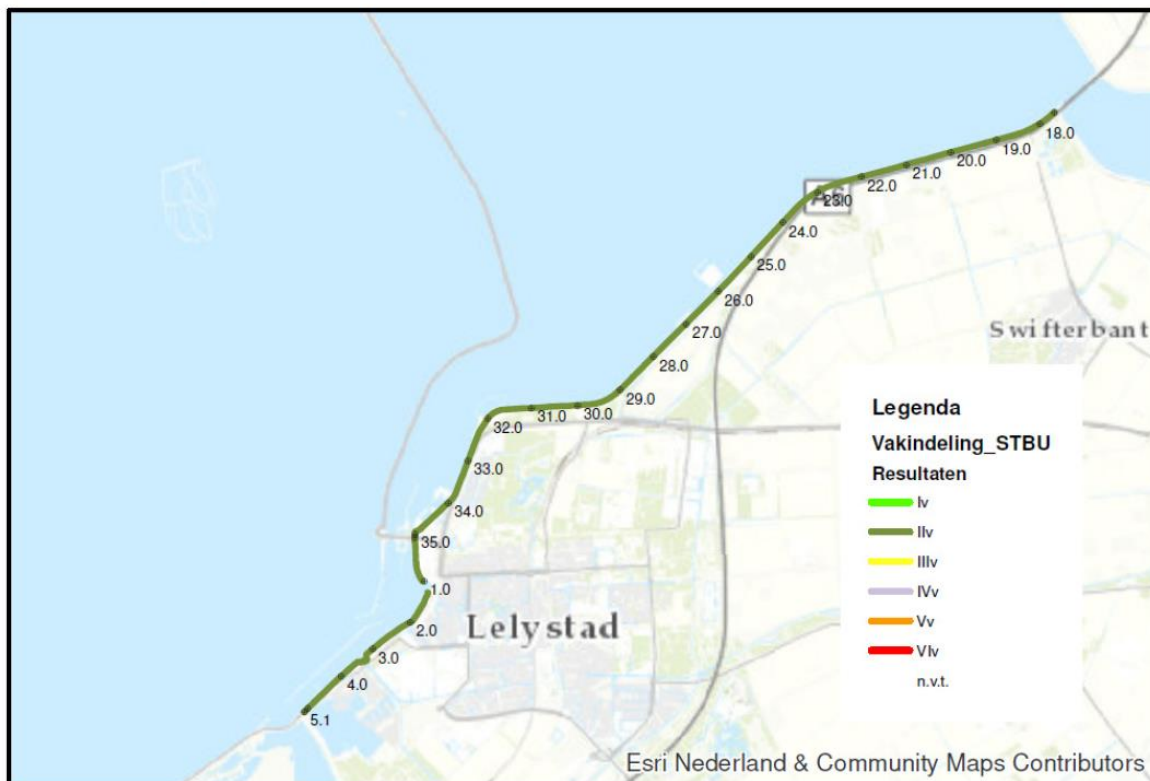
**3 Beoordeling IJsselmeerdijk
STBI/STBU**

Onderstaand is de oorspronkelijke beoordeling van de IJsselmeerdijken opgenomen voor alleen de faalmechanismen STBI en STBU, conform het WBI. Het betreft de huidige situatie (zonder dijkversterking) en zonder invloed van NWO-leidingen.

Figuur 26: oordeel op faalmechanisme STBI



Figuur 27: oordeel op faalmechanisme STBU

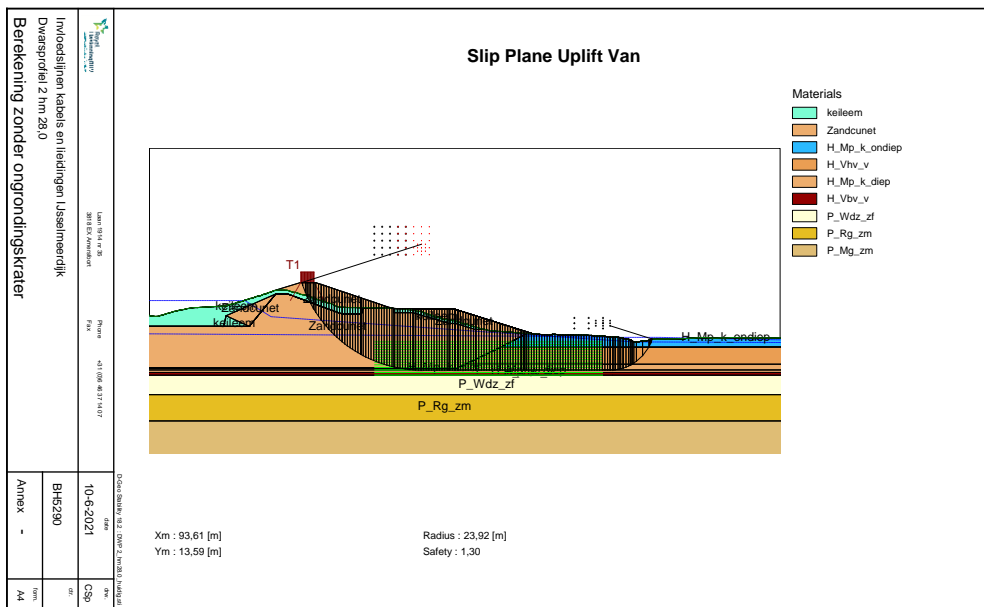
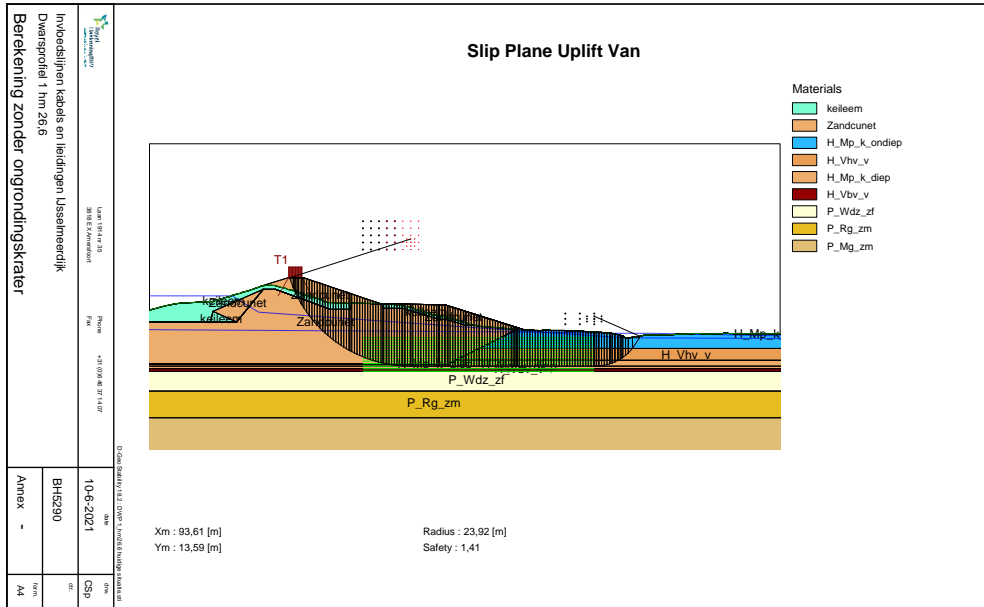


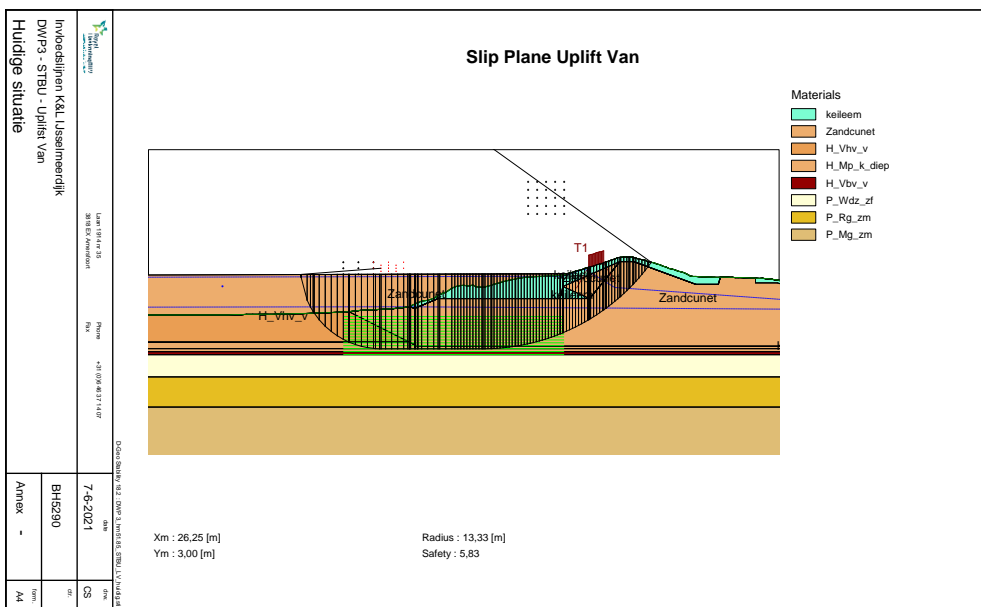
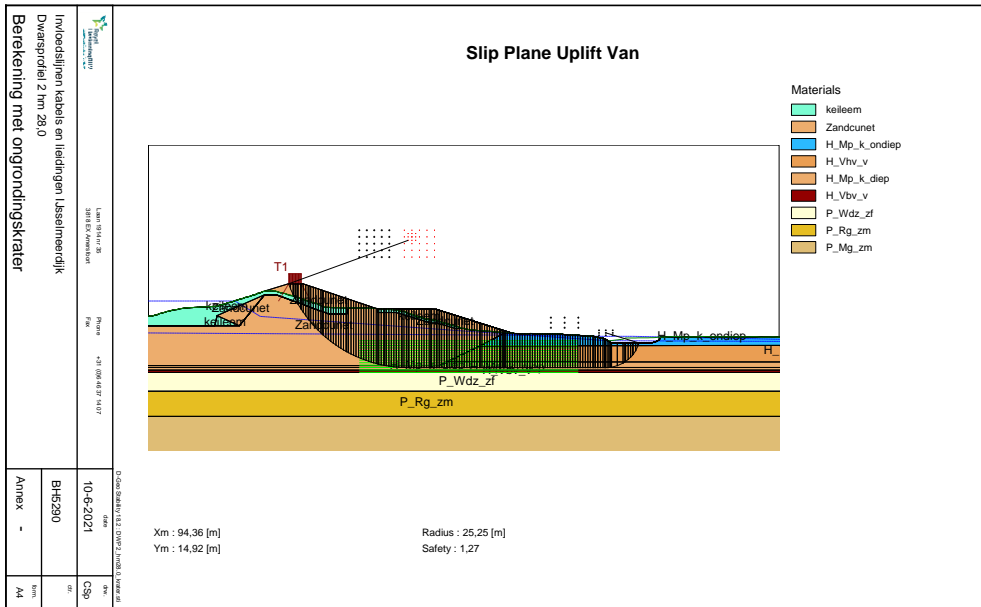
Tabel 2: Categorieën veiligheidsoordeel

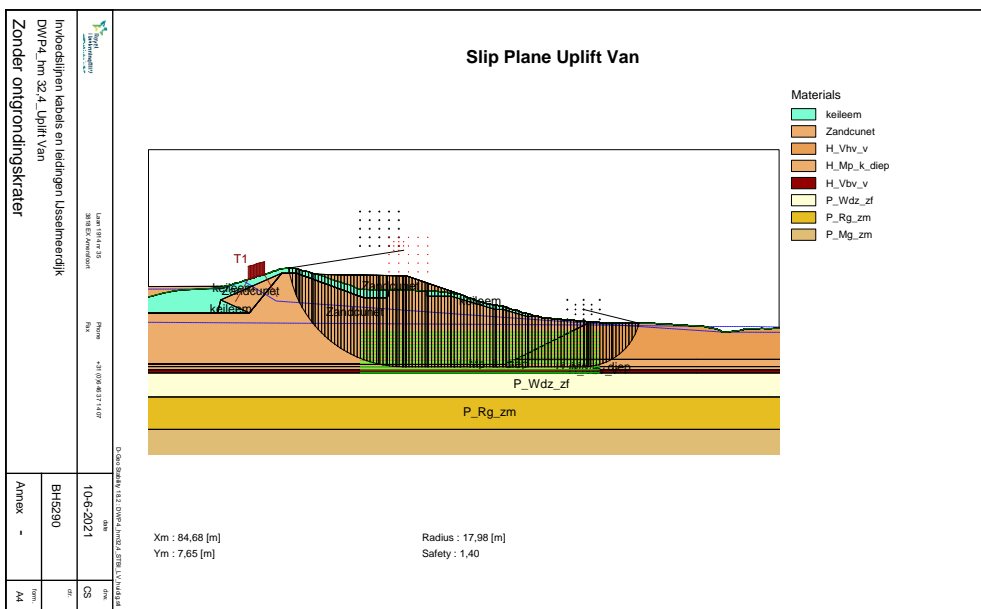
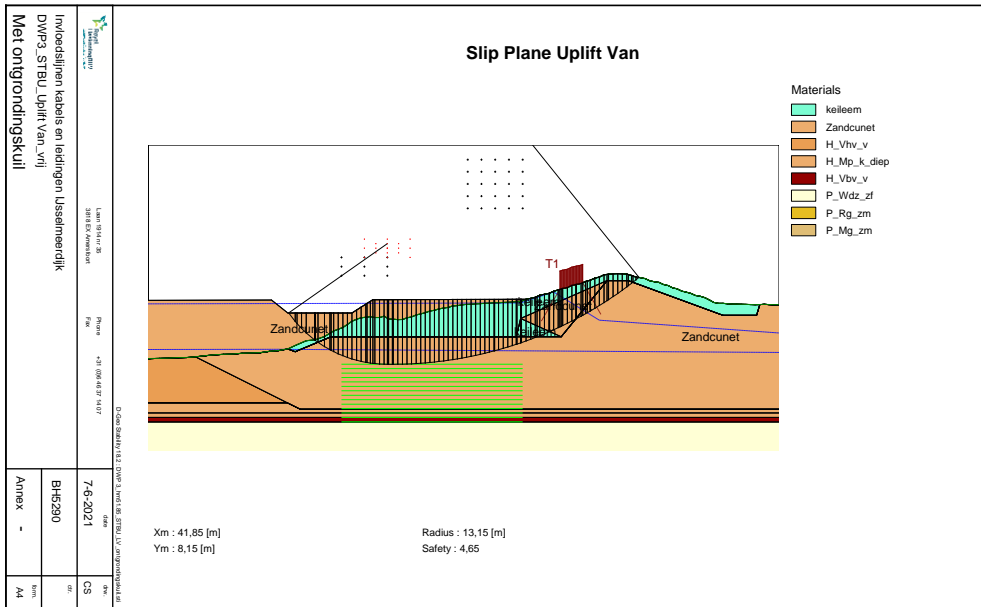
| Cat. | Aanduiding categorie veiligheidsoordeel | Begrenzing categorie |
|------|---|--|
| | | P_{traject} Overstromingskans van het dijktraject [1/jaar]. $P_{\text{els;sig}}$ Signaleringswaarde van het dijktraject [1/jaar]. $P_{\text{els;ond}}$ Ondergrens van het dijktraject [1/jaar]. |
| A+ | Overstromingskans van het dijktraject is veel kleiner dan de signaleringswaarde. <i>Dijktraject voldoet ruim aan de signaleringswaarde</i> | $P_{\text{traject}} < 1/30 * P_{\text{els;sig}}$ |
| A | Overstromingskans van het dijktraject is kleiner dan de signaleringswaarde. <i>Dijktraject voldoet aan de signaleringswaarde.</i> | $1/30 P_{\text{els;sig}} < P_{\text{traject}} < P_{\text{els;sig}}$ |
| B | Overstromingskans van het dijktraject is groter dan de signaleringswaarde, maar kleiner dan ondergrens. <i>Dijktraject voldoet aan de ondergrens, maar niet aan de signaleringswaarde.</i> | $P_{\text{els;sig}} < P_{\text{traject}} < P_{\text{els;ond}}$ |
| C | Overstromingskans van het dijktraject is groter dan de signaleringswaarde en de ondergrens. <i>Dijktraject voldoet niet aan de signaleringswaarde en ook niet aan de ondergrens</i> | $P_{\text{els;ond}} < P_{\text{traject}} < 30 * P_{\text{els;ond}}$ |
| D | Overstromingskans het dijktraject is veel groter dan de signaleringswaarde en de ondergrens. <i>Dijktraject voldoet ruim niet aan de signaleringswaarde en aan de ondergrens.</i> | $P_{\text{traject}} > 30 * P_{\text{els;ond}}$ |

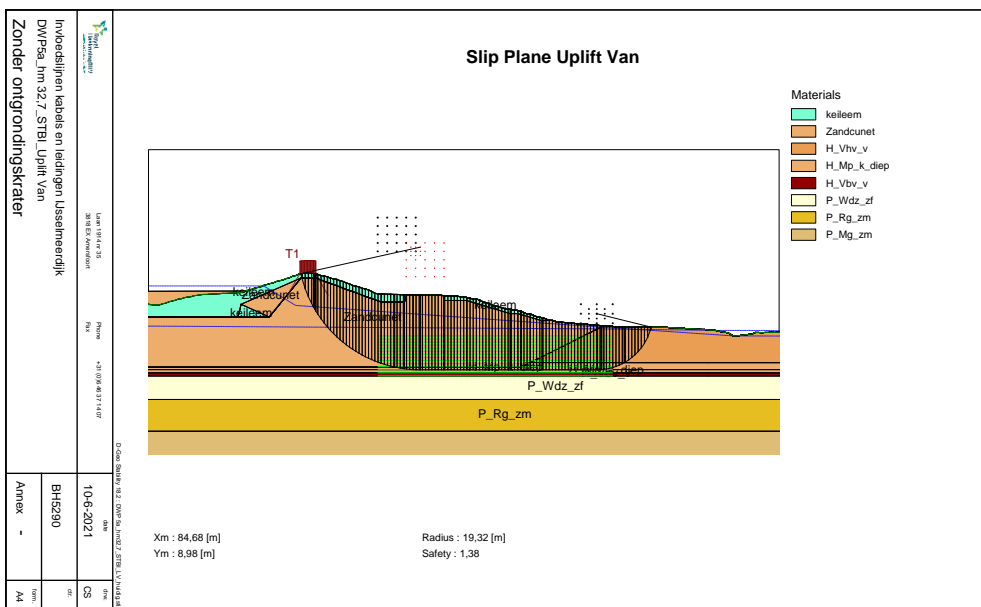
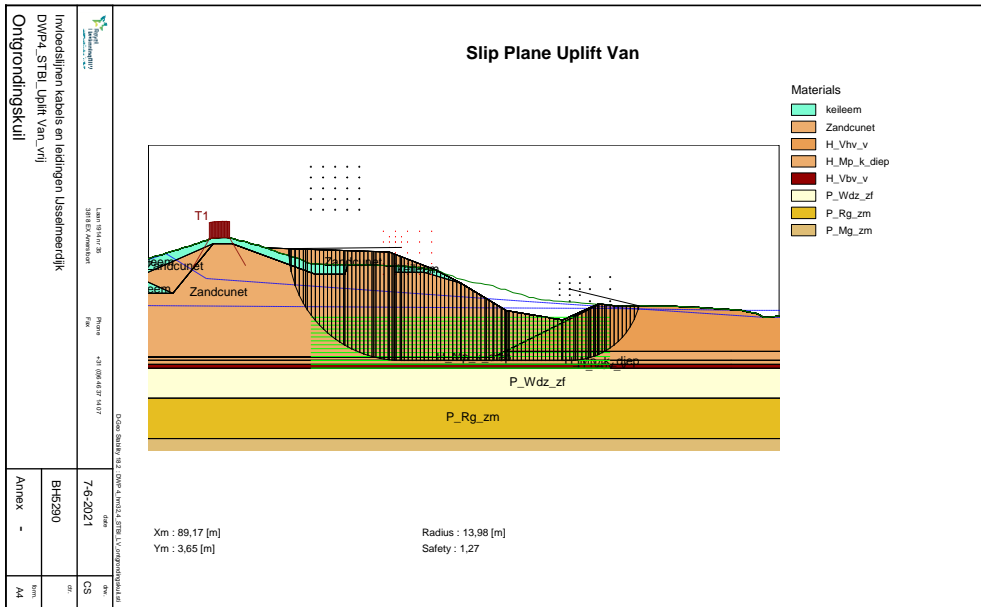
Bijlage

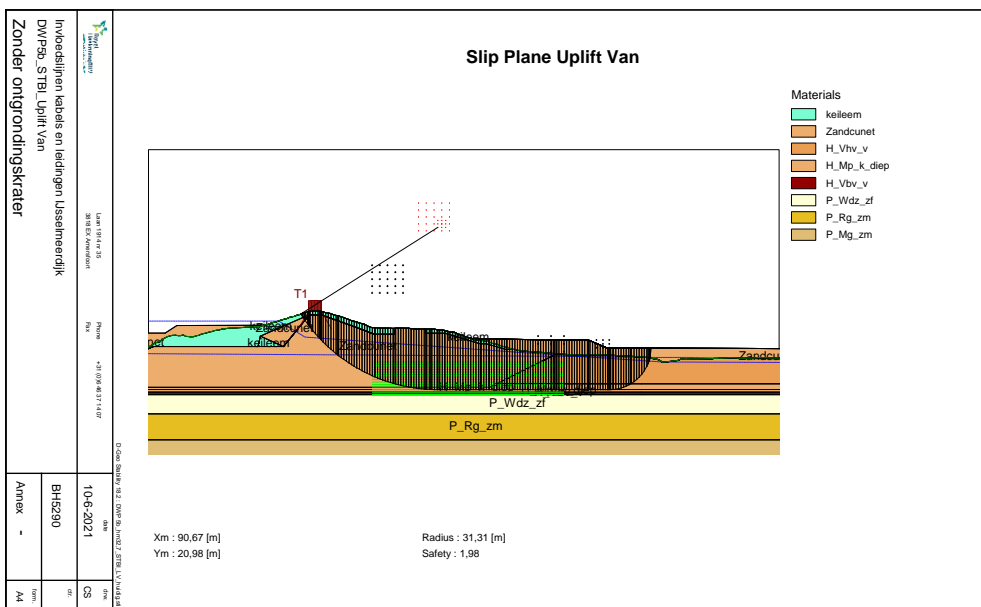
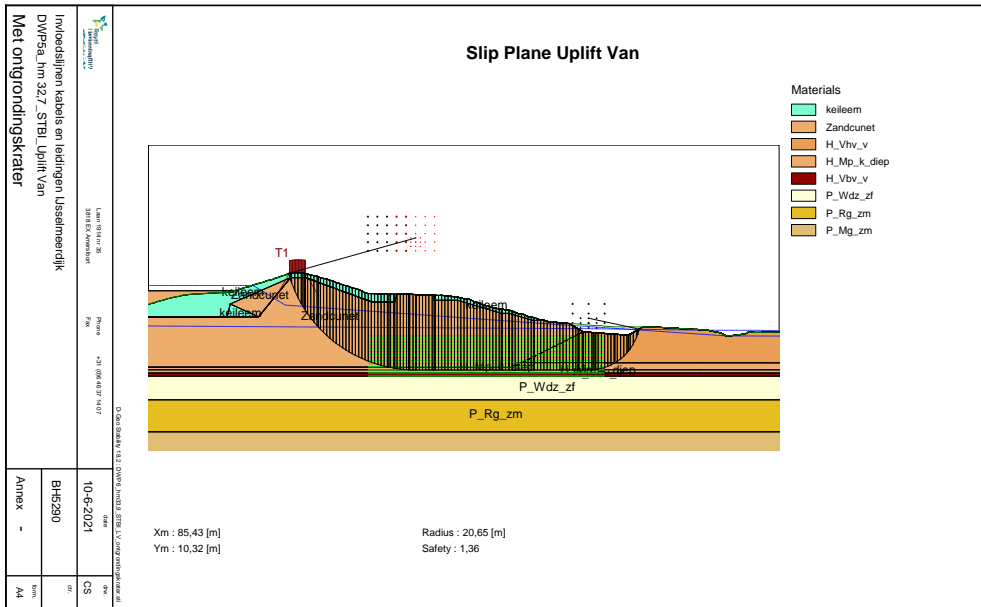
4 Resultaten D-Geostability

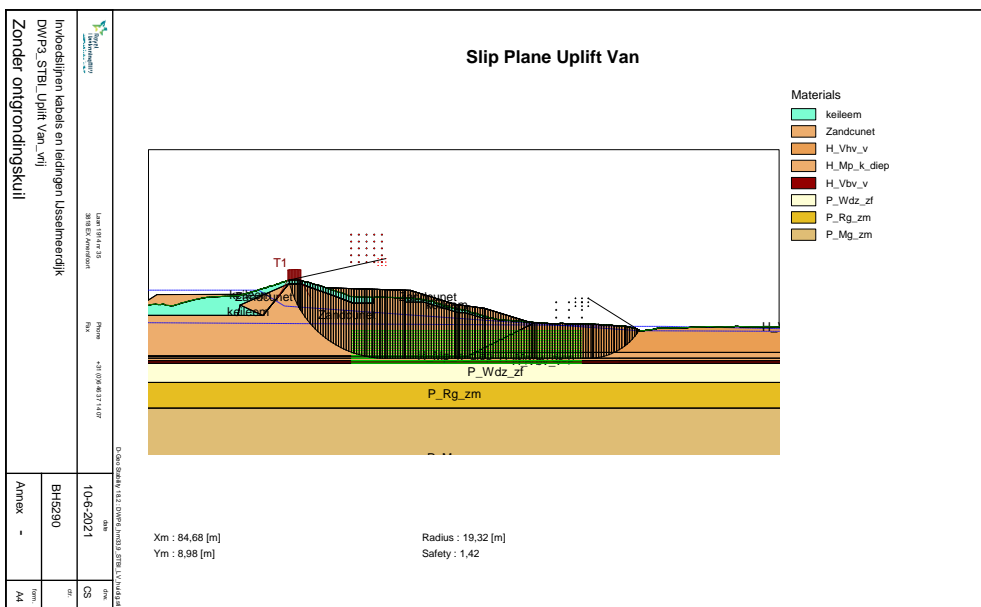
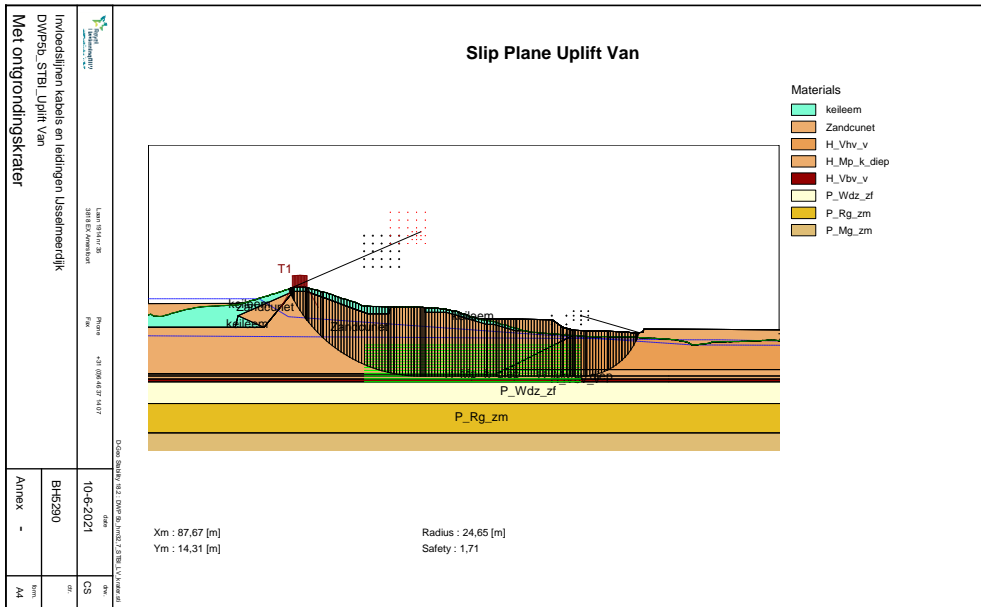


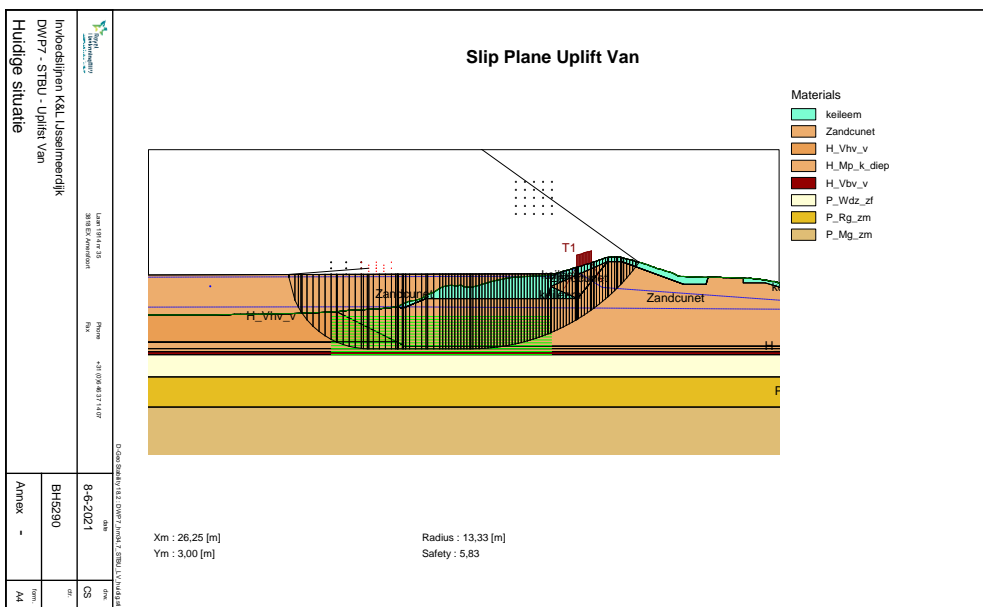
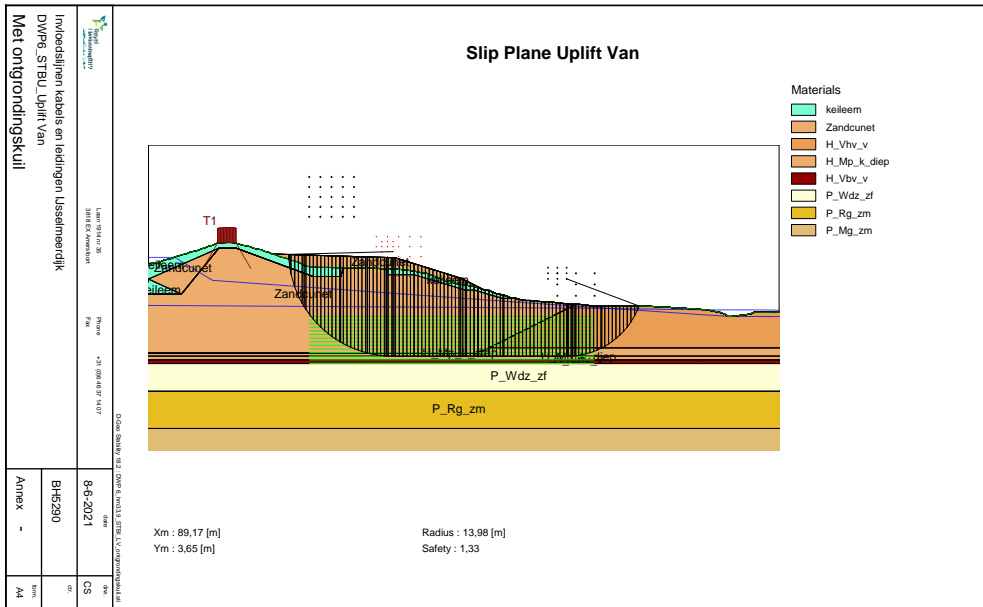


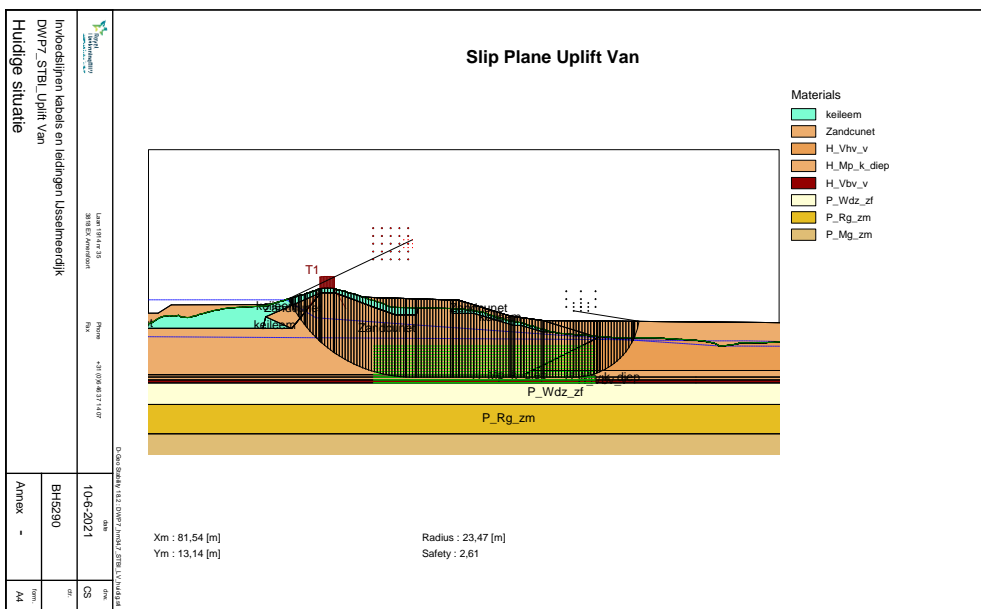
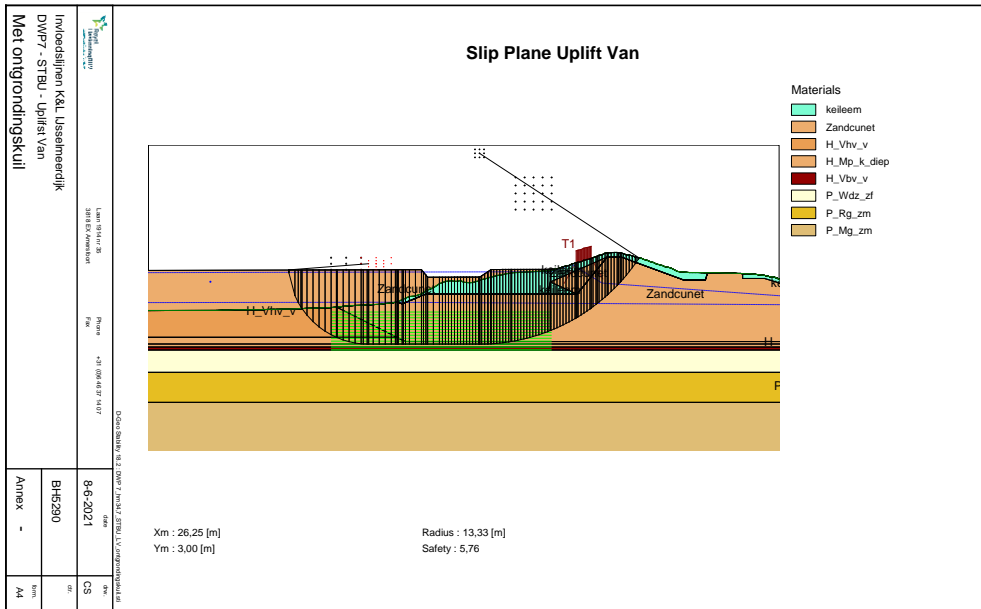














Bijlage

5 Ontgrondingskraters en ter informatie noodzaak vervangende waterkering

Ontgrondingskraters

In onderstaande tabellen is aangegeven welke ontgrondingskraters zouden kunnen optreden. Er is hier uitgegaan van de drukken en diameters zoals aanleverd door de netbeheerders. In de eerdere fase “quickscan” waren de gegevens afkomstig uit de KLIC of gebaseerd op aannames. De afmetingen van de ontgrondingskraters ten behoeve van de geotechnische beoordeling zijn uit onderstaande tabellen gehaald.

De ontgrondingskraters in GIS zijn gebaseerd op:

- Drinkwaterleidingen en drukriolen: pragmatisch uitgebreide berekeningsmethodiek.
- Vrijval leidingen: vereenvoudigde berekeningsmethodiek.
- Gasleidingen: uitgebreide berekeningsmethodiek.

In de volgende paragraaf is een beknopte toelichting van de berekeningsmethodieken gegeven. Voor een uitgebreidere toelichting wordt verwezen naar de NEN3651 en het POV K&L document [ref. 2].

Door middel van de groene arceringen is aangegeven voor welke kruisende leidingen een voorziening met een damwandconstructie (voormalig “vervangende waterkering”) is benodigd. Dit is enkel informatief bijgevoegd aangezien onderliggend document betrekking heeft op parallelle leidingen. Een nadere toelichting is verderop in deze bijlage gegeven. Voor parallelle leidingen zijn normaliter geen vervangende waterkeringen benodigd.

Beknopte toelichting berekeningsmethodieken

Vereenvoudigde berekeningsmethodiek waterleidingen:

De formule volgens de vereenvoudigde berekeningsmethodiek voor de ontgrondingskrater is gegeven in de NEN3651 A.2.3 en luidt.

$$R_B = 8 \cdot \sqrt[3]{h^3 \cdot D_i^5}$$

Waarbij:

R_B = straal ontgrondingskrater [m]

h = drukhoogte [meter water kolom]

D_i = inwendige leidingdiameter [m]

Pragmatisch uitgebreide berekeningsmethodiek waterleidingen:

De formules volgens de uitgebreide berekeningsmethodiek voor de ontgrondingskraters zijn gegeven in de NEN3651 A.2.2. De voornaamste formule hieromtrent is.

Straal krater in richting uitstroming:

$$R = 7,8 \cdot d_g \cdot \left(\frac{P}{\rho \cdot g^{1,5} \cdot \mu \cdot d_g^{3,5}} \right)^{0,243}$$

Waarbij:

R = straal ontgroning in richting uitstroming [m] (= ontgrondingsstraal)

d_g = gatgrootte [m]

P = hydraulisch vermogen van de uitstroming $P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h$ [W]

ρ = dichtheid water = 1000 kg/m³

g = zwaartekrachtversnelling = 9,81 m/s²
 Q = debiet door het gat [m³/s]
 h = maatgevende drukhoogte ter plaatse van het gat [m]
 μ = afvoercoëfficiënt bij het gat (tussen 0,5 en 1,0) [-]

Op basis van de gegeven pompkromme kunnen de druk en uitstroming door een rond gat in de leiding berekend worden. Druk en uitstroomdebiet bepalen het hydraulisch vermogen van de straal die de ontgrondingskrater veroorzaakt en zijn bepalend voor de grootte.

In het POV K&L document [ref. 2] is een methode beschreven waarmee de ontgrondingskrater op een vereenvoudigde manier kan worden berekend zonder dat nadere informatie over het pomp- of leidingsysteem benodigd is. Het maximale debiet Q wordt daarbij begrensd door de maximale leidingsnelheid U (in m/s). De ontwerp stroomsnelheid ligt voor de meeste leidingen onder de 3 m/s en is enigszins afhankelijk van leidingdiameter en type. Voor dit project is uitgegaan van een aangenomen maximale stroomsnelheid (bovengrens) van 10 m/s. Bij kleinere leidingsystemen is de weerstand zo groot dat deze snelheid in de praktijk niet voor kan komen. Bij systemen met grotere diameter leidingen is de capaciteit van het pompstation de beperkende factor voor de stroomsnelheid.

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot D_i^2 \cdot U$$

In de berekening wordt nu de gatgrootte berekend waarmee bij maximale druk het maximale debiet en dus ook het maximale vermogen bereikt wordt. De maatgevende gatgrootte is hierbij niet afhankelijk van materiaalsoort en leeftijd. Het betreft hier een bovengrensbepaling, druk en debiet zijn immers begrensd. In de vereenvoudigde formule in de NEN3651 wordt uitgegaan van een onbegrensd debiet (reservoirbenadering).

De maatgevende gatgrootte volgt uit:

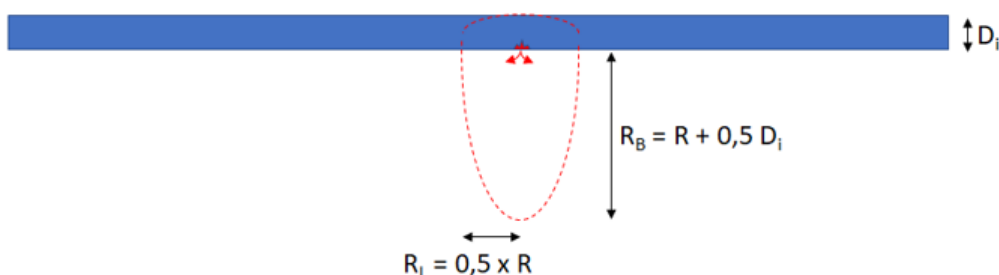
$$d_g = \sqrt{\frac{U}{\mu \cdot v_{uit}}} \cdot D_i$$

In werkelijkheid zal, afhankelijk van het pomp- en regelsysteem, de druk vaak afnemen bij toenemend uitstroomdebiet zodat het maximale vermogen afneemt. Bij een volledige breuk treedt dan een maximaal debiet op, maar met een veel lagere druk terwijl bij een klein gat de druk gehandhaafd blijft maar het debiet beperkt is.

De inwendige leidingdiameter (D_i) is hier gelijk genomen aan de uitwendige leidingdiameter wat een conservatief uitgangspunt is.

De aangehouden geometrie van de ontgrondingskraters is gegeven in figuur 1.

Gat in zijkant



Figuur 1 Aangehouden geometrie ontgrondingskrater waterleidingen

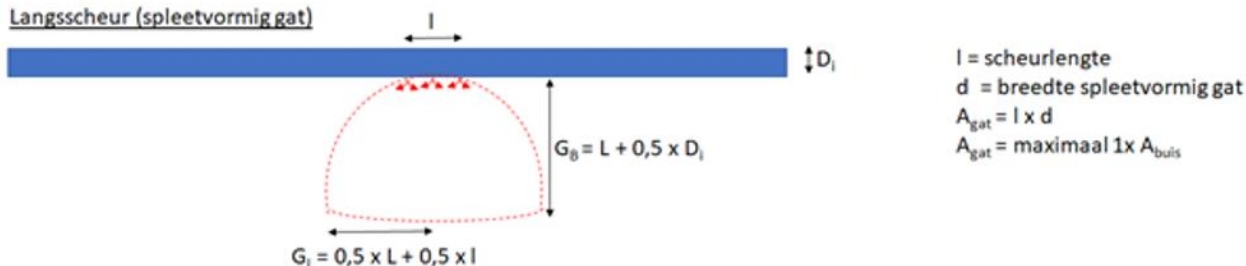
Uitgebreide berekeningsmethodiek gasleidingen:

De wijze waarop de ontgrondingskraters voor gasleidingen dienen te worden bepaald is beschreven in de NEN3651. Aangezien de NEN3651 op enkele punten onduidelijk is, is in [ref. 2] een nadere toelichting gegeven van theorie en gebruikte formules.

De tijdsduur van uitstroming in geval van een lekkage van een gasleiding is een belangrijke factor voor de bepaling van de ontgrondingsstraal. Omdat deze tijdsduur van uitstroming van meerdere factoren afhankelijk is, is conform NEN3651 voor onderhavig project uitgegaan van een conservatief aangenomen maximale uitstromingsduur van 7200 seconden (2 uur). De resultaten zullen hierdoor conservatiever zijn dan wanneer wordt uitgegaan van de werkelijke uitstromingsduur per leidingsysteem door bijvoorbeeld het eerder sluiten van afsluiters. Tevens wordt verondersteld dat er geen verlaging van de druk optreedt gedurende de uitstroming van het gas.

De aangehouden geometrie van de ontgrondingskraters is gegeven in figuur 2.

Langsscheur (spleetvormig gat)



Figuur 2 Aangehouden geometrie ontgrondingskrater gasleidingen

Drinkwaterleidingen

Er is onderscheid gemaakt tussen de vereenvoudigde berekeningsmethodiek uit de NEN3651 en de pragmatisch uitgebreide methode die deels op de NEN3651 en de POV K&L is gebaseerd. R is de ontgrondingsstraal.

Voor de pragmatisch uitgebreide methode is uitgegaan van een groot (gapend) gat in de zijkant. R_L is de ontgrondingsstraal in de lengterichting van de leiding. R_B is haaks op de leiding. Voor de daadwerkelijke stabiliteitberekeningen is beoordeeld met welke ontgrondingskrater rekening moet worden gehouden om de juiste maatgevende situatie door te rekenen.

| Netbeheerder | Diameter [mm] | Vereenvoudigd | Pragmatisch uitgebreid | | | Diepte ontgrondings krater (Dk) [m] ⁽²⁾ |
|--------------|---------------|--|---|--------------------|--------------------|--|
| | | 2,5 bar ⁽¹⁾ R _{vereenvoudigd} [m] | 2,5 bar ⁽¹⁾ R _{pragmatisch uitgebreid} [m] | R _L [m] | R _B [m] | |
| Vitens | 32 | 3,1 | 2,6 | 1,3 | 2,6 | 1,2 |
| | 40 | 3,6 | 3,0 | 1,5 | 3,0 | 1,2 |
| | 50 | 4,1 | 3,5 | 1,7 | 3,5 | 1,3 |
| | 54 | 4,3 | 3,7 | 1,8 | 3,7 | 1,3 |
| | 63 | 4,8 | 4,0 | 2,0 | 4,1 | 1,3 |
| | 75 | 5,3 | 4,5 | 2,2 | 4,5 | 1,3 |
| | 108 | 6,7 | 5,7 | 2,8 | 5,7 | 1,3 |
| | 110 | 6,7 | 5,7 | 2,9 | 5,8 | 1,3 |
| | 114 | 6,9 | 5,9 | 2,9 | 5,9 | 1,3 |
| | 125 | 7,3 | 6,2 | 3,1 | 6,3 | 1,4 |
| | 150 | 8,2 | 7,0 | 3,5 | 7,1 | 1,4 |
| | 160 | 8,5 | 7,3 | 3,6 | 7,4 | 1,4 |
| | 200 | 9,8 | 8,4 | 4,2 | 8,5 | 1,4 |
| | 250 | 11,2 | 9,7 | 4,8 | 9,8 | 1,5 |
| 315 | 13,0 | 11,2 | 5,6 | 11,4 | 1,6 | |

(1) Inwendige druk overeenkomstig gegevens Vitens.

(2) Gronddekking 1,0 m op de leiding

Groene arcering = noodzaak voorziening met een damwandconstructie voor kruisende leidingen

Drukriolering

Er is onderscheid gemaakt tussen de vereenvoudigde berekeningsmethodiek uit de NEN3651 en de pragmatisch uitgebreide methode die deels op de NEN3651 en de POV K&L is gebaseerd. R is de ontgrondingsstraal.

Voor de pragmatisch uitgebreide methode is uitgegaan van een groot (gapend) gat in de zijkant. R_L is de ontgrondingsstraal in de lengterichting van de leiding. R_B is haaks op de leiding. Voor de daadwerkelijke stabiliteitberekeningen is beoordeeld met welke ontgrondingskrater rekening moet worden gehouden om de juiste maatgevende situatie door te rekenen.

| Netbeheerder | Diameter [mm] | Vereenvoudigd | Pragmatisch uitgebreid | | | Diepte ontgrondings krater (Dk) [m] ⁽²⁾ |
|-------------------|---------------|--|---|--------------------|--------------------|--|
| | | 1,5 bar ⁽¹⁾ R _{vereenvoudigd} [m] | 1,5 bar ⁽¹⁾ R _{pragmatisch uitgebreid} [m] | R _L [m] | R _B [m] | |
| Gemeente Lelystad | 63 | 3,9 | 3,4 | 1,7 | 3,5 | 1,8 |
| | 75 | 4,4 | 3,8 | 1,9 | 3,9 | 1,8 |
| | 90 | 4,9 | 4,3 | 2,1 | 4,3 | 1,8 |
| | 125 | 6,0 | 5,3 | 2,6 | 5,4 | 1,8 |

(1) Inwendige druk overeenkomstig gegevens gemeente Lelystad.

(2) Diepteligging (binnen onderkant buis) is 1,5 m. De wanddikte is buiten beschouwing gelaten.

Vrijverval riolering

Er is uitgegaan van de vereenvoudigde berekeningsmethodiek uit de NEN3651. R is de ontgrondingsstraal.

| Netbeheerder | Diameter [mm] | 0,5 bar ⁽¹⁾ R [m] | Diepte ontgrondingskrater (Dk) [m] ⁽²⁾ |
|-------------------|---------------|---------------------------------|---|
| Gemeente Lelystad | 110 | 3,7 | 1,3 |
| | 125 | 4,0 | 1,4 |
| | 160 | 4,7 | 1,4 |
| | 200 | 5,3 | 1,4 |
| | 250 | 6,2 | 1,5 |
| | 300 | 6,9 | 1,6 |
| | 315 | 7,1 | 1,6 |
| | 400 | 8,3 | 1,7 |

(1) Aangenomen inwendige druk

(2) Gronddekking 1,0 m op de leiding

Groene arcering = noodzaak voorziening met een damwandconstructie voor kruisende leidingen

Gas

Er is uitgegaan van een spleetvormig gat in de zijkant en de berekeningsmethodiek uit de NEN3651. Er is daarbij tevens gebruik gemaakt van het document POV K&L. G_L is de ontgrondingsstraal in de lengterichting van de leiding. G_B is haaks op de leiding. Voor de daadwerkelijke stabiliteitberekeningen is beoordeeld met welke ontgrondingskrater rekening moet worden gehouden om de juiste maatgevende situatie door te rekenen.

Vanuit het project POV kabels en leidingen is gebleken dat in de berekening voor de ontgrondingskraters bij gasleidingen de druk ten opzichte van de atmosferische druk is. Hierdoor is 1 bar opgeteld bij de drukken die zijn aangeleverd door de leidingbeheerders. In de berekeningen is de wanddikte buiten beschouwing gelaten, omdat deze weinig invloed heeft.

| Netbeheerder | Diameter [mm] | Inwendige druk [bar] | L [m] | G_L [m] | G_B [m] | Diepte ontgrondingskrater (Dk) [m] |
|-------------------|---------------|----------------------|-------|-----------|-----------|------------------------------------|
| Liander lage druk | 25 | 1,1 | 0,4 | 0,3 | 0,5 | 0,8 ⁽¹⁾ |
| | 32 | | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 0,9 ⁽¹⁾ |
| | 40 | | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 0,9 ⁽¹⁾ |
| | 50 | | 0,7 | 0,6 | 0,8 | 0,9 ⁽¹⁾ |
| | 63 | | 0,9 | 0,7 | 0,9 | 0,9 ⁽¹⁾ |
| | 75 | | 1,0 | 0,8 | 1,0 | 0,9 ⁽¹⁾ |
| | 110 | | 1,3 | 1,1 | 1,3 | 1,0 ⁽¹⁾ |
| | 160 | | 1,7 | 1,5 | 1,7 | 1,1 ⁽¹⁾ |

| | | | | | | |
|-------------------|-------|------|------|------|------|--------------------|
| Liander hoge druk | 32 | 5 | 1,3 | 0,8 | 1,3 | 1,1 ⁽²⁾ |
| | 160 | | 4,3 | 2,8 | 4,3 | 1,3 ⁽²⁾ |
| Gasunie | 114,3 | 76,1 | 9,6 | 5,3 | 9,7 | 1,3 ⁽³⁾ |
| | 250 | | 15,6 | 8,8 | 15,8 | 2,0 ⁽⁴⁾ |
| | 450 | | 23,4 | 13,5 | 23,6 | 2,3 ⁽⁴⁾ |
| | 610 | | 27,2 | 16,0 | 27,5 | 3,2 ⁽⁵⁾ |

Groene arcering = noodzaak voorziening met een damwandconstructie voor kruisende leidingen

(1) Gronddekking 0,8 m op de leiding

(2) Gronddekking 1,0 m op de leiding

(3) Gronddekking 1,15 m op de leiding.

(4) Gronddekking 1,6 m op de leiding.

(5) Gronddekking is variabel. Maximaal 2,2 m en minimaal 0 m. De gepresenteerde waarde in de tabel is gebaseerd op de maximale gronddekking.

Noodzaak voorziening met damwandconstructie

In voorgaande tabellen is aangegeven voor welke kruisende leidingen gegeven een inwendige druk en diameter een voorziening met een damwandconstructie moet worden geplaatst. Voorheen werd een dergelijke voorziening in de NEN3651 aangeduid als vervangende waterkering. Ter indicatie is het berekeningsblad bijgevoegd in deze bijlage.

Voor de bepaling van de noodzaak is uitgegaan van de aangeleverde inwendige drukken door de netbeheerders. Het betreft hier dan ook een update van de eerdere beschouwing in de quickscan [ref. 1].

Op basis van een probabilistische beschouwing kan de noodzaak van een voorziening met een damwandconstructie nader onderzocht worden voor enkele situaties. In de vervolgfase wordt nader beschouwd in hoeverre dit zinvol is voor de betreffende leidingen.

Voor de dijktrajecten waar de dijkversterking reeds uit een damwandscherm bestaat kan dit scherm tevens dienst doen als de "voorziening met een damwandconstructie (voormalige vervangende waterkering).

Voor parallelle leidingen zijn normaliter geen vervangende waterkeringen benodigd op moment de geotechnische stabiliteit voldoet.