

VERTROUWELIJK

Waterstofnetwerk Nederland
Toetsing NEN3651 i.v.m. omzetting medium leiding
A-605-01 Toevoerleiding NAM Schoonebeek
Kruising Waterstaatswerken Stieltjeskanaal en
Dommerskanaal

Auteur
T. Kalthof

Project
Waterstofnetwerk Nederland
Revisienummer
0
Revisie datum
26-05-2026
Ons kenmerk
WNN1-BEN-ENG-REP-0016
Status
Definitief

Parafen

T. Kalthof
26-05-2026

F. Weessies
26-05-2026

Naam:
Datum:



Auteur



Gecontroleerd

Ter
goedkeuring/besluitvorming

Revisie geschiedenis

Revisienummer	Omschrijving	Datum
0	Definitief	26-05-2026

TOETSING NEN3651 I.V.M. OMZETTING MEDIUM LEIDING A-605-01 TOEVOERLEIDING NAM SCHOONEBEEK

KRUISING WATERSTAATSWERKEN STIELTJESKANAAL EN DOMMERSKANAAL

gasunie

N.V. Nederlandse Gasunie
26-05-2026

	GU Engineering	GU Veiligheid
Naam:		
Paraaf:	☐ Reviewed ☐ Verified ☐ Witnessed ☐ Not approved ☐ Approved	☐ Reviewed ☐ Verified ☐ Witnessed ☐ Not approved ☐ Approved
Datum:		



BILFINGER

Opdrachtgever: N.V. Nederlandse Gasunie
Project: **Waterstofnetwerk Noord Nederland**
Referentie: **WNN1-BEN-ENG-REP-0016**

Toetsing NEN3651 i.v.m. omzetten medium Leiding A-605-01 Toevoerleiding NAM Schoonebeek Kruising Waterstaatswerk Stieltjeskanaal

Bilfinger Engineering BeNe

Jan Tinbergenstraat 172
7559 SP Hengelo

Auteur: T. Kalthof

- Telefoon: +31 646951132

- E-mail: twan.kalthof.ext@bilfinger.com

26 mei 2026

Ordernummer: 57613

Documentnummer: nIT57613-1914016

Revisie: A

A	26-05-2026	Definitief	T. Kalthof 	F. Weessies 
Rev.	Datum	Omschrijving	Opsteller	Gecontroleerd

© Copyright Bilfinger Engineering BeNe

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie of op welke andere wijze ook zonder uitdrukkelijke toestemming van de uitgever.

Inhoudsopgave

1	Samenvatting	5
2	Symbolen- / afkortingenlijst	6
3	Inleiding	7
4	Uitgangspunten	8
4.1	Normen en standaarden	8
4.2	Tekeningen	8
4.3	Leiding- & Procesgegevens	8
4.4	Toepassingsgebied NEN3651 Bijlage E	9
5	Analyse additionele eisen NEN3651 bij kruising met het Stieltjeskanaal	10
5.1	Beschrijving situatie	10
5.2	Risicoprofiel waterkering	12
5.3	Veiligheidszone	12
5.4	Importatiefactor	14
5.5	Diepteligging	15
5.6	Relatieve sterkte-eis	15
5.7	Toetsing inwendige druk	16
5.8	Hydrostatische sterkte- en dichtheidsbeproevingdrukken	16
5.9	Leidingen voor 1964	17
5.10	Waterstaatkundige voorzieningen boezemwaterkering	17
6	Sterkteberekening conform NEN3650	18
6.1	Grondonderzoek	18
6.2	Overzicht van configuratie	19
6.3	Randvoorwaarden	19
6.4	Grondmodel	19
6.5	Eigengewicht	19
6.6	Uitvoeringszakingsverschil	20
6.7	Resultaat spanningen en vervormingen	22
7	Faalkansanalyse	23
7.1	Faalkansruimte	23
7.2	Faalkans leidingkruising	23
7.3	Resultaat faalkansanalyse	24
8	Conclusie en advies	25
8.1	Conclusie	25
8.2	Advies	25

Bijlagen

A.1 Tekeningen

A.2 Relevante onderdelen uit het bodemonderzoek

A.3 Berekening verstoringszone

A.4 Idents in berekeningen

A.5 Input Soil Wizard

A.6 Toets spanning en vervorming

B.1 Importantiefactoren waterstaatswerken

B.2 Faalkansanalyse

1 Samenvatting

Binnen het project Waterstofnetwerk Noord-Nederland heeft Gasunie de intentie om bestaande aardgasleidingen in te zetten voor het transport van waterstofgas. Deze leidingen kruisen op diverse locaties belangrijke waterstaatswerken. Ten gevolge hiervan moet aan de beheerder van het waterstaatswerk worden aangetoond dat de buisleidingintegriteit gegarandeerd is en de leiding geschikt is voor het transport van waterstof.

Het onderwerp van dit rapport is het toetsen van buisleiding A-605-01 ter plaatse van de waterkeringen van het Stieltjeskanaal en het Dommerskanaal aan de eisen van de NEN3651:2020 en de NEN3650:2020. Beide waterkeringen worden beheerd door het waterschap Vechtstromen.

Het resultaat van de toetsing op basis van de huidige informatie is dat de buisleiding voldoet aan de eisen van de NEN3650:2020. Hiervoor is een volledige sterkteberekening uitgevoerd.

Met betrekking tot de NEN3651 voldoet de kruising met het Stieltjeskanaal en het Dommerskanaal niet op het gebied van de waterstaatkundige voorzieningen, aangezien in beide keringen kwelschermen in kleikisten ontbreken. In overleg met de waterkeringbeheerder kan worden gekozen voor alternatieve maatregelen.

Omdat de leiding niet volledig voldoet aan de geldende eisen, is beoordeeld of de bijbehorende risico's binnen aanvaardbare grenzen blijven. Dit is onderzocht met behulp van een faalkansanalyse. Uit deze analyse blijkt dat het risico acceptabel is, zonder aanpassingen aan de waterstaatkundige voorzieningen, de leiding of de keringen.

2 Symbolen- / afkortingenlijst

Symbol	Omschrijving	Eenheid
p_d	Inwendige druk (of ontwerpdruk)	N/mm ²
T	Temperatuur	°C
E	E-modulus	N/mm ²
α	Uitzettingscoëfficiënt	mm/mm per °C
ν	Dwarscontractiecoëfficiënt (Poisson ratio)	-
R_e	Rekgrens	N/mm ²
$R_e(\theta)$	Rekgrens bij ontwerp temperatuur	N/mm ²
R_m	Treksterkte	N/mm ²
σ_p	Omtrekspanning ten gevolge van inwendige druk	N/mm ²
σ_v	Vergelijkspanning volgens het criterium van Von Mises	N/mm ²
σ_{wv}	Spanning voor de toets op wisselend vloeien conform NEN3650	N/mm ²
γ_p	Partiële factor voor inwendige druk: 1,25 (voor stations geldt: 1,36)	-
γ_m	Materiaalfactor: 1,1	-
D_e	Uitwendige diameter	mm
D_g	Gemiddelde diameter	mm
$d_{\min}$	Minimale wanddikte (nominale wanddikte – fabricagetolerantie)	mm
p^*	Druk van het gas ter plaatse van de uitstroomopening	Pa
p_0	Druk van het gas in de leiding	Pa
$p_{t,k}$	Beproevingdruk	MPa
κ	Constante voor adiabatische isentrope expansie: 1,4 (waterstof)	-

Tabel 2-1: Symbolenlijst

3 Inleiding

Als onderdeel van het waterstofnetwerk Noord-Nederland project (H2NN), wil de Gasunie bestaande aardgasleidingen geschikt maken voor het transporteren van waterstofgas. Deze leidingen kruisen meerdere waterstaatswerken. Aan de beheerder van elk waterstaatswerk moet worden aangetoond, dat de integriteit van de leiding gewaarborgd blijft en dat voldaan wordt aan de geldende eisen.

In dit rapport wordt de kruising van DN200 leiding A-605-01 (toevoerleiding NAM Schoonebeek) met het Stieltjeskanaal en het Dommerskanaal behandeld. De leiding is in 2009 aangelegd. De waterkeringen worden beheerd door het waterschap Vechtstromen.

In dit rapport wordt het ontwerp en de uitvoering van de kruising van leiding A-605-01 ter plaatse van de kruising met het Stieltjeskanaal en het Dommerskanaal gecontroleerd met betrekking tot de eisen van de NEN3650:2020 en de NEN3651:2020. De mogelijke afwijkingen worden beoordeeld, waarna advies wordt gegeven.

4 Uitgangspunten

4.1 Normen en standaarden

Voor het beoordelen van het ontwerp is van de normen uit tabel 4-1 gebruik gemaakt.

Norm/standaard	Versie	Titel
NEN3650	2020	Eisen voor buisleidingsystemen
NEN3651	2020	Aanvullende eisen voor buisleidingen in of nabij belangrijke waterstaatswerken
OSW-01-N	16	Leidingklassen voor buisleidingsystemen t.b.v. aardgastransport
OSW-25-E	2	Design and strength calculations of pressure vessels, piping systems and pipelines

Tabel 4-1: Normen en standaarden

4.2 Tekeningen

Een overzicht van tekeningen die gebruikt zijn voor de beoordeling van de kruising van leiding A-605-01 met het Stieltjeskanaal en Dommerskanaal is weergegeven in tabel 4-2. De tekeningen zijn opgenomen in bijlage A.1. De revisies en uitgavedatum staan in de bijlage weergegeven.

Tekeningnummer	Titel
A-605-01-KR-006	Beheerkaart Leidingen DN200 Leiding toevoerleiding NAM Schoonebeek
A-605-01-XZ-006-1	Detailkaart – Waterkruising nieuwbouw kruis. Stieltjeskanaal - Dommerskanaal
A-605-01-XZ-006-2	Detailkaart – Waterkruising nieuwbouw kruis. Stieltjeskanaal - Dommerskanaal

Tabel 4-2: Tekeningen

4.3 Leiding- & Procesgegevens

Voor het beoordelen van de leiding A-605-01 zijn de gegevens uit tabel 4-3 t/m tabel 4-5 gebruikt. Op de tekeningen is een ontwerpdruk van 79,9 bar vermeld. In de nieuwe situatie heeft het waterstofgas echter een bedrijfsdruk van 66,2 bar. In dit rapport is daarom de beoordeling uitgevoerd op basis van een bedrijfsdruk van 66,2 bar.

Leiding	Medium	Ontwerptemperatuur [°C]	Ontwerpdruk [MPa]	Bedrijfsdruk [MPa]	Dichtheid ¹ [kg/m³]
A-605-01	Waterstof	+5 / +50	7,99	6,62	5,96

Tabel 4-3: Ontwerpgegevens A-605-01

Leidingdiameter	Pijpklasse	Buitendiameter	Nominale wanddikte	Fabricagetolerantie	Materiaalkwaliteit	Rekgrens [N/mm²]
DN200	-/-	219,1 mm	7,9 mm	12,5 %	L240	240
DN200	-/-	219,1 mm	6,3 mm	12,5 %	L240	240

Tabel 4-4: Toegepaste leidingeigenschappen en –materialen

Conform de tekeningen is de nominale wanddikte van 6,3 mm toegepast in de veldstrekking. Ter hoogte van de kruising met het Stieltjeskanaal en het Dommerskanaal is een nominale wanddikte van 7,9 mm toegepast. Voor de 10DN bochten aan de zuidzijde van de kruising is uitgegaan van een moederpijp één schedule maat hoger dan de leiding ter plaatse, op basis van OSW 01 tabel 43. Dit resulteert in een wanddikte van de moederpijp van 9,5 mm.

¹ De dichtheid van waterstof als bepaald bij de bedrijfsdruk

Eigenschap	Waarde	Eenheid
Corrosietoeslag	0	mm
E-modulus	212.000	N/mm ²
Uitzettingscoëfficiënt	$1,13 \times 10^{-5}$	mm/mm per °C
Poisson ratio	0,3	-

Tabel 4-5: Materiaaleigenschappen

4.4 Toepassingsgebied NEN3651 Bijlage E

Voor het beoordelen van bestaande leidingen in of nabij waterstaatswerken is in Bijlage E van de NEN3651 een specifieke methode opgenomen. Het is volgens de norm niet toegestaan om Bijlage E toe te passen voor het beoordelen van buisleidingen die ontworpen zijn of ontworpen hadden moeten zijn volgens de NEN3651, voorgaande versies van de NEN3651 of de pijpleidingcode van de provincie Zuid-Holland (eerste versie: 1972).

Aangezien deze kruising in 2009 is aangelegd, is de Bijlage E van de NEN3651 niet van toepassing op de bestaande kruising van de A-605-01 met het Stieltjeskanaal en het Dommerskanaal.

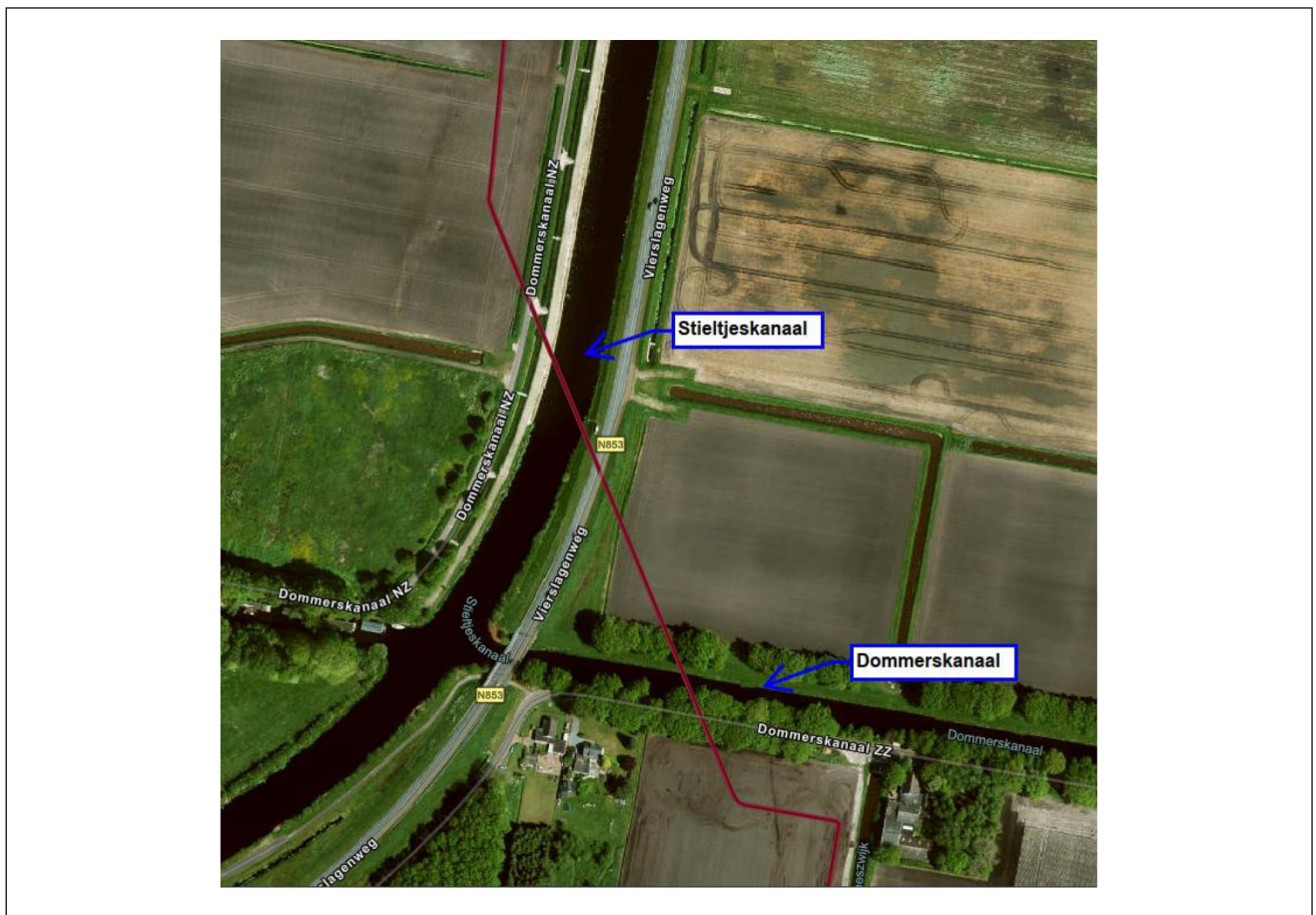
Daarom wordt in dit rapport getoetst in hoeverre de kruising voldoet aan de specifieke eisen van de NEN3651.

5 Analyse additionele eisen NEN3651 bij kruising met het Stieltjeskanaal

5.1 Beschrijving situatie

De kruising met het Stieltjeskanaal betreft een kruising met een waterkering en een provinciale vaarweg². Het waterschap is de beheerder van de keringen. In dit rapport wordt uitgegaan van een boezemwaterkering conform NEN3651. De kruising met het Dommerskanaal ligt direct naast het Stieltjeskanaal en wordt daarom ook in beschouwing genomen in dit rapport. De kruising met het Dommerskanaal is een boezemwaterkering, waardoor ook hier de NEN3651 van toepassing is. Dit kanaal is geen vaarweg³.

In Figuur 5-1 is de ligging van de leiding en de locatie van de kruising weergegeven. In Figuur 5-2 en Figuur 5-3 zijn aanzichten van de kruisingslocaties te zien in de richting van de kruising.



Figuur 5-1: Overzicht van de kruising van de A-605-01 met het Stieltjeskanaal en het Dommerskanaal

² De Provincie Drenthe is de onderhoudsplichtige.

³ Conform vaarweginformatie.nl



Figuur 5-2: Aanzicht kering Stieltjeskanaal vanaf de Vierslagenweg (Street Smart)



Figuur 5-3: Aanzicht kering Dommerskanaal vanaf de Dommerskanaal Zuidzijde (Street Smart)

5.2 Risicoprofiel waterkering

Het risicoprofiel van de kering bepaalt het belang van de kering en dat wordt bepaald door het reguliere waterpeil alsook de maatgevende hoogwaterstand (MHW) te vergelijken met de laagste maaiveldhoogte van het naastgelegen achterland. Deze gegevens zijn weergegeven in tabel 5-1.

Regulier peil	MHW	Laagste maaiveldhoogte achterland
+12,95 m NAP	+12,95 m NAP	+12,50 m NAP

Tabel 5-1: Waterpeilen Stieltjeskanaal/Dommerskanaal en naastgelegen maaiveldhoogte.

Er is een constant risico met betrekking tot de waterveiligheid, zowel bij regulier peil als bij een hoogwaterstand.

5.3 Veiligheidszone

De veiligheidszone is de zone naast het waterstaatswerk waarbinnen de NEN3651 van kracht is (niet alleen ter plaatse van de kruising met het waterstaatswerk zelf). De veiligheidszone bestaat uit de verstoringszone tezamen met de stabiliteitszone.

Met betrekking tot de stabiliteitszone geldt het volgende:

- dit is de terreinstrook naast het waterstaatswerk die wordt bepaald door het faalmechanisme macro-instabiliteit van het waterstaatswerk;
- de breedte van de stabiliteitszone hangt af van de eigenschappen van de ondergrond en de afmetingen van het werk. Deze breedte kan door een grondmechanisch onderzoek worden bepaald. Indien echter blijkt dat er geen bijzondere omstandigheden zijn die aanleiding geven tot evenwichtsverlies van de grondslag, kan de breedte van deze terreinstrook zonder nader onderzoek worden bepaald op viermaal de hoogte van het waterstaatswerk (de kruin) boven het naastliggende maaiveld.

Met betrekking tot de verstoringszone geldt het volgende:

- dit is de terreinstrook naast het waterstaatswerk waarbinnen een lekkage van de leiding de stabiliteit van het waterstaatswerk in gevaar kan brengen;
- voor de bepaling van de dimensies van de verstoringszone wordt de vereenvoudigde berekeningsmethode conform NEN3651 toegepast, welke conservatief is ten opzichte van een tijdsafhankelijke uitstromingsberekening.

Binnen de veiligheidszone van het waterstaatswerk gelden een aantal additionele eisen, welke in de volgende paragrafen worden behandeld:

- toepassing van een importantiefactor;
- voldoen aan de relatieve sterkte-eis;
- toepassing van de sterkte- en dichtheidsbeproevingen volgens NEN3651.

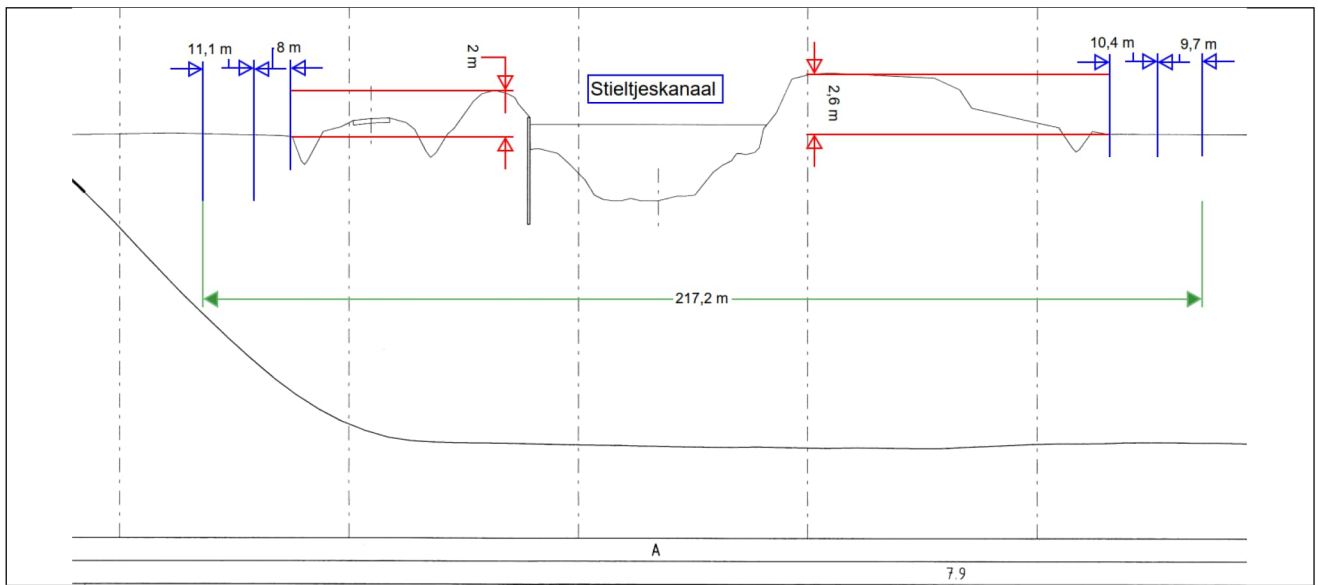
De verstoringszone ($G_L/2$) is berekend conform NEN3651 en betreft 11,1 m aan de noordelijke kering en 9,7 m aan de zuidelijke kering van het Stieltjeskanaal. Voor de keringen aan het Dommerskanaal zijn de verstoringszones aan de noordelijke en zuidelijke keringen respectievelijk 9,7 m en 12,2 m. De berekeningen zijn opgenomen in bijlage A.3

Aan de *noordzijde* van het Stieltjeskanaal is de stabiliteitszone van het waterstaatswerk bepaald op $4 \times 2,0 \text{ m} = 8 \text{ m}$. In totaal is de veiligheidszone aan de noordzijde van het Stieltjeskanaal gelijk aan $11,1 \text{ m} + 8 \text{ m} = 19,1 \text{ m}$.

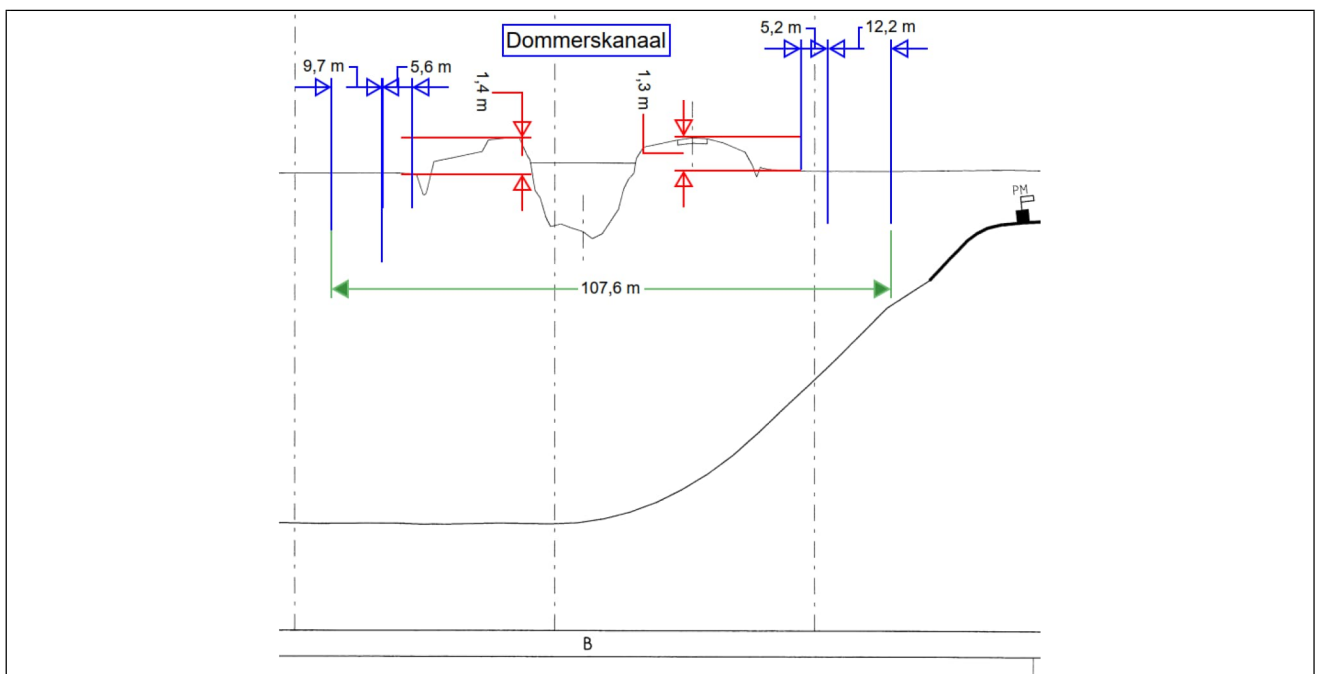
Aan de *zuidzijde* van het Stieltjeskanaal is de stabiliteitszone van het waterstaatswerk bepaald op $4 \times 2,6 \text{ m} = 10,4 \text{ m}$. In totaal is de veiligheidszone aan de zuidzijde van het Stieltjeskanaal gelijk aan $9,7 \text{ m} + 10,4 \text{ m} = 20,1 \text{ m}$.

Aan de *noordzijde* van het Dommerskanaal is de stabiliteitszone van het waterstaatswerk bepaald op $4 \times 1,4 \text{ m} = 5,6 \text{ m}$. In totaal is de veiligheidszone aan de noordzijde van het Dommerskanaal gelijk aan $9,7 \text{ m} + 5,6 \text{ m} = 15,3 \text{ m}$.

Aan de *zuidzijde* van het Dommerskanaal is de stabiliteitszone van het waterstaatswerk bepaald op $4 \times 1,3 \text{ m} = 5,2 \text{ m}$. In totaal is de veiligheidszone aan de zuidzijde van het Dommerskanaal gelijk aan $12,2 \text{ m} + 5,2 \text{ m} = 17,4 \text{ m}$.



Figuur 5-4: Belangrijke kenmerken van het Stieltjeskanaal ter bepaling van de veiligheidszone.



Figuur 5-5: Belangrijke kenmerken van het Dommerskanaal ter bepaling van de veiligheidszone.

5.4 Importantiefactor

De importantiefactor is een reductiefactor die binnen de veiligheidszone toegepast wordt op de toelaatbare spanningen en vervormingen, gebaseerd op het belang van het waterstaatswerk. De toetsingswaarde van een te berekenen spanning of vervorming van de leiding wordt hierbij bepaald door de toetsingswaarde met de importantiefactor S te vermenigvuldigen.

Voor waterkeringen geldt:

- $0,75 \leq S \leq 1,0$;
- voor wegen en waterwegen geldt: $S = 1,0$.

De importantiefactor wordt bepaald volgens NEN3651 Bijlage B in samenspraak met de beheerder van het betreffende waterstaatswerk. Een weergave van NEN3651 Bijlage B is weergegeven in bijlage B.1 van dit rapport. De importantiefactor heeft bij deze leiding betrekking op de toetsingswaarde van:

- de spanning van het materiaal;
- de deflectie.

Aan de hand van NEN3651 Bijlage B is voor de personele risicofactor B (levensgevaar voor enkele mensen) gekozen en voor de materiële risicofactor E . Dit resulteert in een importantiefactor van 0,85.

Opmerking 1

Echter, wanneer de nominale wanddikte van de leiding voldoet aan de minimale waarde, behorend bij een bepaalde vastgestelde importantiefactor, hoeft conform de NEN3651 (tabel 11) deze importantiefactor niet in rekening te worden gebracht. Deze minimale nominale wanddiktes zijn weergegeven in tabel 5-2.

S	DN resp. d_n mm										
	50	100	150	200	300	400	600	750	900	1 050	1 200
1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,95	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10
0,9	5	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11
0,85	5	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12
0,8	5	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13
0,75	6	9	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14
Indien $p_a < 1,0$ MPa en $D_n \leq 300$ mm mag d_n met maximaal 2,0 mm worden verkleind.											
Indien $p_a < 1,0$ MPa en $D_n > 300$ mm mag d_n met maximaal 1,0 mm worden verkleind.											

Tabel 5-2: Minimale waarde van de nominale wanddikte in verband met mechanische beschadiging

Volgens de tabel is de minimaal nominale wanddikte voor een DN200-leiding bij een waterstaatswerk met een importantiefactor van 0,85 gelijk aan 8 mm. Omdat de nominale wanddikte binnen de kruisingssectie 7,9 mm is, moet voor de kruising met het Stieltjeskanaal een importantiefactor van 0,85 toegepast worden. Echter bij een diepgelegen leiding (aangelegd door een sleufloze techniek zoals 'horizontaal gestuurd boren') hoeft geen importantiefactor in rekening te worden gebracht. Uit tekeningen kan afgeleid worden dat de kruising is aangelegd met een HDD of afgeleide techniek, derhalve hoeft dus geen importantiefactor toegepast te worden.

5.5 Diepteligging

Op de detailtekening van de kruising staat dat de bovenkant van de leiding op -1,00 m NAP ligt en de hoogte van de bodem van het Stieltjeskanaal is 9,68 m NAP. Dit geeft een dekking van 10,68 m. De vaarweg is CEMT klasse II⁴. Dit betekent dat scheepstype Kempenaar (met een diepgang van 2,6 m) toegestaan is.

In NEN3651 paragraaf 8.1.2.1 staat dat voor een boezemwater met grote scheepvaart een minimale dekking van 2,5 m vereist is. Volgens paragraaf 8.1.6.2 kunnen grotere dekkingen vereist zijn voor rijks- en provinciale vaarwegen. Volgens Waterschapsverordening waterschap Vechtstromen artikel 2.55 lid. b moet de dekking voor een leiding kruising met een vaarweg minimaal 4 meter bedragen. Aangezien de dekking ruim 10 meter is, wordt aan deze eis voldaan.

Het Dommerskanaal is geen vaarweg. De bovenkant van de leiding ligt hier op -1,00 m NAP en de hoogte van de bodem van het Dommerskanaal is 10,35 m NAP. De dekking is hier dus 11,35 m. Omdat NEN3651 paragraaf 8.1.2.1 voor een boezemwater zonder scheepvaart een minimale dekking van 1,3 m eist, wordt ook hier aan de dekkingseis voldaan.

5.6 Relatieve sterkte-eis

Binnen de veiligheidszone van een belangrijk waterstaatswerk dient de relatieve sterkte-eis toegepast te worden. Dit houdt in dat de leiding in de betreffende zone 20% sterker moet zijn op inwendige druk, dan buiten deze zone. Aan deze eis wordt conform NEN3651 voldaan indien geldt:

$$d_k \geq 1,2 \cdot d_v \cdot \frac{R_{e,v} \cdot D_{gem,k}}{R_{e,k} \cdot D_{gem,v}}$$

waarin:

- d_k = minimumwanddikte van de leiding in de kruising of parallelligging, in mm
- d_v = minimumwanddikte van de leiding in de veldstrekking, in mm
- $R_{e,v}$ = gegarandeerde rekgrens van de leiding bij 20°C in het veld, in N/mm²
- $R_{e,k}$ = gegarandeerde rekgrens van de leiding bij 20°C in de kruising of parallelligging, in N/mm²
- $D_{gem,k}$ = gemiddelde middellijn van de leiding in de kruising of parallelligging ($D_e - d_k$), in mm
- $D_{gem,v}$ = gemiddelde middellijn van de leiding in het veld ($D_e - d_v$), in mm

De toe te passen waarden zijn als volgt:

- d_k = $7,9 - 0,125 \times 7,9 = 6,9$ mm
- d_v = $6,3 - 0,125 \times 6,3 = 5,5$ mm
- $R_{e,v}$ = 240 N/mm²
- $R_{e,k}$ = 240 N/mm²
- $D_{gem,k}$ = 212,2 mm
- $D_{gem,v}$ = 213,6 mm

⁴ Conform www.vaarweginformatie.nl

Uit het resultaat blijkt dat voldaan wordt aan de relatieve sterkte-eis:

$$6,9 \geq 1,2 \cdot 5,5 \cdot \frac{240 \cdot 212,2}{240 \cdot 213,6} = 6,6$$

De berekende veiligheidszone valt binnen het leidingdeel waarin een grotere wanddikte van 7,9 mm is toegepast, in tegenstelling tot de naastliggende veldstrekkings waar een wanddikte van 6,3 mm geldt. Hiermee wordt voldaan aan de relatieve sterkte-eis.

5.7 Toetsing inwendige druk

De omtrekspanning van de leiding als gevolg van inwendige druk moet lager zijn dan de toetswaarde. Dit wordt berekend door:

$$\sigma_p = \frac{\gamma_p \cdot P_d \cdot D_{gem}}{2 \cdot d_{min}} \leq \frac{R_e(\theta)}{\gamma_m}$$

Het resultaat is als volgt⁵:

Veldstrekkings buiten de kruising	Veldstrekkings binnen de kruising
$\sigma_p = \frac{1,25 \cdot 6,62 \cdot 213,6}{2 \cdot 5,5} \leq \frac{240}{1,1}$ $160,7 \leq 218,2$	$\sigma_p = \frac{1,25 \cdot 6,62 \cdot 212,2}{2 \cdot 6,9} \leq \frac{240}{1,1}$ $127,2 \leq 218,2$

Uit de berekeningen blijkt dat voldaan wordt aan de eis.

5.8 Hydrostatische sterkte- en dichtheidsbeproevedrukken

Conform de NEN3651 moeten leidingen die binnen de veiligheidszones van de waterstaatswerken vallen beproefd worden met een hydrostatische sterktebeproevedruk $p_{t,k}$ die moet worden berekend volgens:

$$p_{t,k} = 0,95 \cdot R_e \cdot 2 \cdot \frac{d_{min}}{D_{gem}}$$

Waarin:

- R_e = gegarandeerde minimumrekgrens bij 20°C, in N/mm²
- d_{min} = de minimale wanddikte in de kruising, in mm
(7,9 – 0,125 x 7,9 = 6,9 mm)
- D_{gem} = de gemiddelde middellijn in de kruising, in mm
(219,1 – 6,9 = 212,2 mm)

$$p_{t,k} = 0,95 \cdot 240 \cdot 2 \cdot \frac{6,9}{212,2} = 14,8 \text{ MPa}$$

De benodigde hydrostatische sterktebeproevedruk binnen de veiligheidszone van het Stieltjeskanaal en het Dommerskanaal is gelijk aan 148 barg. Uit de detailkaarten met referentie 'A-605-01-XZ-006-1 en A-605-01-XZ-006-2' blijkt dat de leiding op sterkte is getoetst op 162,6 barg.

⁵ γ_p is 1,25 conform NEN3650-2 tabel 2. γ_m is 1,1 conform tabel D.2 van de NEN3650-2.

Daarnaast dient conform de NEN3650-2 de dichtheidsbeproeving uitgevoerd te worden, die voor ingegraven leidingsecties ten minste 24 uur duurt, bij een druk gelijk aan of groter dan de ontwerpdruk P_d . Vaak (alook bij de Gasunie) wordt een additionele factor van 1,1 toegepast. Uit detailkaarten met referentie 'A-605-01-XZ-006-1 en A-605-01-XZ-006-2' blijkt dat de dichtheidsbeproeving is uitgevoerd met een druk van 88 bar.

5.9 Leidingen voor 1964

Voor oude leidingen, aangelegd voor 1964, is een verhoging van de omtrek- en axiale spanningen als gevolg van gewijzigde omgevingscondities beperkt toelaatbaar. Aangezien de buisleiding in 2009 is aangelegd, hoeft dit niet geanalyseerd te worden.

5.10 Waterstaatkundige voorzieningen boezemwaterkering

Conform NEN3651 moet voor bestaande leidingen in een waterkering worden nagegaan welke waterstaatkundige voorzieningen nodig zijn.

Bij leidingkruisingen met boezemwaterkeringen moet als waterstaatkundige voorziening een onverankerde enkelvoudige damwandconstructie worden aangebracht. De functie van de damwandconstructie is het beperken van het risico op falen van de waterkering als gevolg van erosie bij lekkage of breuk van de leiding. Daartoe worden er eisen gesteld aan de kerende hoogte, sterkte, stabiliteit, waterdichtheid en de breedte van de damwandconstructie. De waterdichtheid moet tenminste gelijk zijn aan die van de sloten van de damplanken. De damwandconstructie is in dit geval geen functioneel onderdeel van de waterkering. Een damwandconstructie is niet nodig voor een leidingkruising die is aangelegd met een horizontaal gestuurde boring (HDD) of een afgeleide techniek.

Uit de tekeningen blijkt dat bij de noordelijke kering van het Stieltjeskanaal en beide keringen met het Dommerskanaal damwanden zijn aangebracht. Bij de noordelijke kering van het Stieltjeskanaal ontbreekt een damwandconstructie. Echter uit tekeningen kan afgeleid worden dat de kruising is aangelegd met een HDD of afgeleide techniek, derhalve is een damwandconstructie niet nodig.

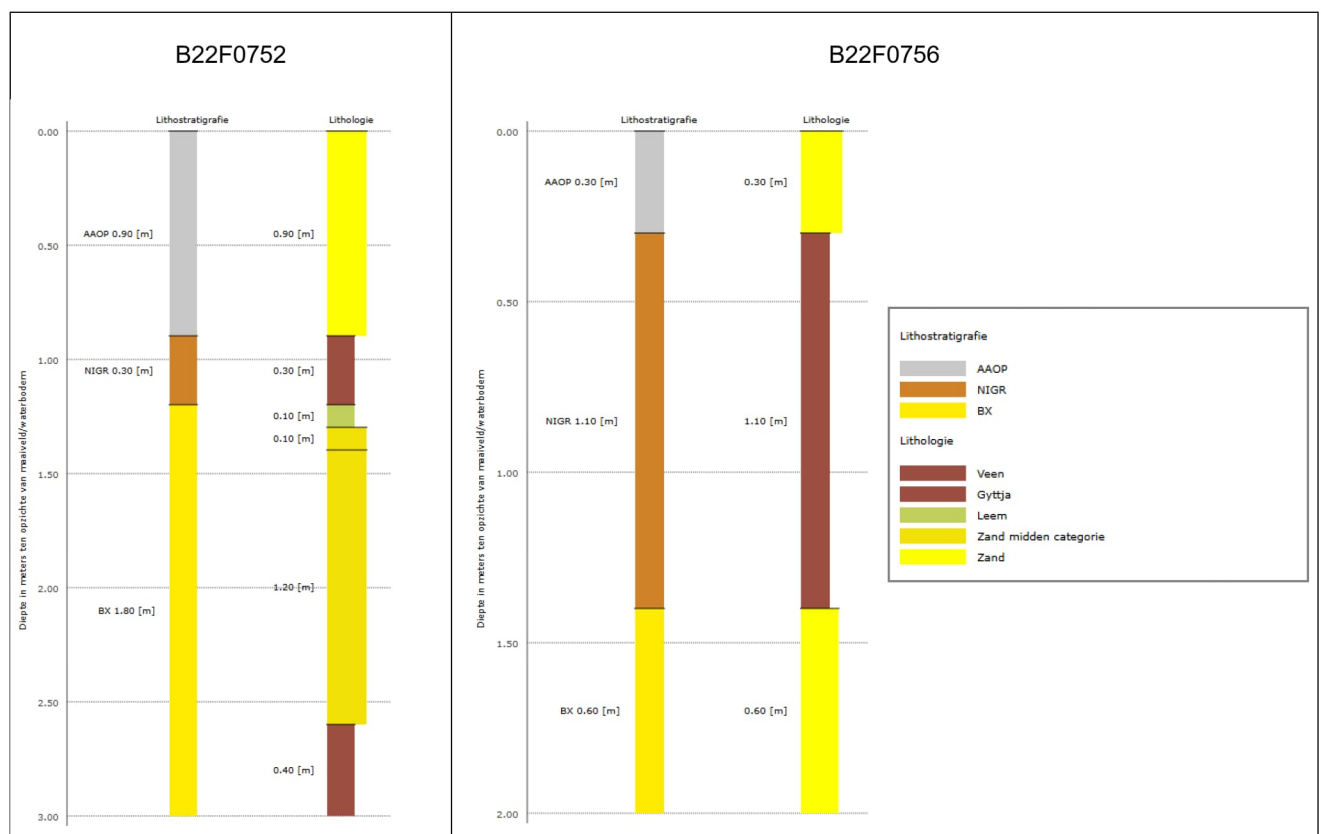
Bij de keringen ontbreken kwelschermen in kleikisten. In overleg met de waterkering beheerder kan gekozen worden voor alternatieve maatregelen.

6 Sterkteberekening conform NEN3650

Omdat het de bedoeling is dat de pijpleiding in de toekomst ingezet wordt voor het transport van waterstof, is het van belang om te controleren of de kruising sterkte technisch voldoet aan de eisen van de NEN3650. Immers: de NEN3651 betreft alleen de additionele eisen die gesteld worden aan kruisingen met belangrijke waterstaatswerken. In dit hoofdstuk wordt daarom aandacht gegeven aan de sterkte technische beoordeling van de kruising volgens NEN3650. De leiding is gemodelleerd alsof deze nieuw aangelegd wordt, om deze reden is een uitvoeringszakkingsverschil meegenomen en is met reële grondlast gerekend. Conform NEN3650 zijn een BC2, BC3 en BC4 toets uitgevoerd.

6.1 Grondonderzoek

Uit het DINO-loket zijn grondgegevens nabij de kering gevonden. De beschikbare boringen/sonderingen en het geologisch grondprofiel zijn toegevoegd in bijlage A.2. De grond ter plaatse van de kruising bestaat uit zand met lagen veen. In Figuur 6-1 zijn de representatieve boringen weergegeven.

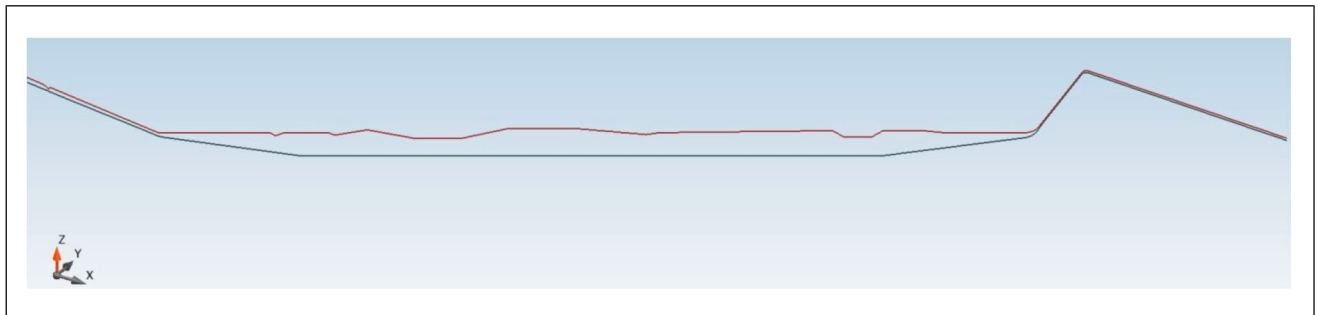


Figuur 6-1: Representatieve boringen⁶ ter hoogte van de kruising noordzijde (links) en zuidzijde (rechts).

⁶ Uit Dinoloket.

6.2 Overzicht van configuratie

Figuur 6-2 geeft een overzicht van de ingevoerde leidingconfiguratie in Ple4Win. In de sterkteberekeningen worden belangrijke posities aangeduid met zogenaamde 'idents', deze zijn weergegeven in bijlage A.4.



Figuur 6-2: Overzicht van ingevoerde leidingconfiguratie (Ple4Win) ter plaatse van de kruising. De rode lijn geeft het maaiveldprofiel weer.

6.3 Randvoorwaarden

Tabel 6-1 geeft de randvoorwaarden en condities weer die in de sterkteberekening zijn toegepast.

Ident	Locatie	Conditie	Status
Start	Veldstrekking	Infinite	Open
End	Veldstrekking	Infinite	Open

Tabel 6-1: Randvoorwaarden in het model voor beoordelen van leidingen

6.4 Grondmodel

Op basis van de bevindingen uit het grondonderzoek is het grondmodel opgezet. De eigenschappen zijn weergegeven in tabel 6-2. Voor het opzetten van het grondmodel is de Soil Wizard van PLE4Win gebruikt. In bijlage A.5 zijn de ingevoerde gegevens weergegeven.

Eigenschappen van grondmodel	Specificatie
Bodemgesteldheid	Zand / veen
Grondwaterstand	+12,0 m NAP ⁷
Type grondbelasting – Veldstrekking	Reëel
Toegepaste aslaststelsel	0,5 • grafiek II

Tabel 6-2: Eigenschappen van grondmodel

6.5 Eigengewicht

De berekening van het eigengewicht van de leidingen wordt in Ple4Win berekend aan de hand van het eigengewicht van het grondwater, het staal en het medium. De dichtheid van het staal is gelijk aan 7850 kg/m³. De inwendige druk is van invloed op de dichtheid van het gas. Per bar is de dichtheid van waterstof ongeveer gelijk aan 0,09 kg/m³.

⁷ Grondwaterstand uit publiek.grondwater.jeng.io, peilbuis Schoonebeek (B22F0084), hoge GWS aangehouden

6.6 Uitvoeringszakkingsverschil

De waarden voor het uitvoeringszakkingsverschil in tabel 6-3 zijn conform de NEN3650-1, tabel C.8 tot en met C.10. De ondergrond ter plaatse van de kering bestaat uit zand, met in de bovenste circa 5 meter zand, afgewisseld met veenlagen. Ter hoogte van de tie-inpunten is aangenomen dat het veen onder de leiding is vervangen door zand.

Uit de detailkaarten met referentie 'A-605-01-XZ-006-1 en A-605-01-XZ-006-2' is afgeleid dat de kruising van de A-605-01 met het Stieltjeskanaal en Dommerskanaal is uitgevoerd met een HDD. Aan beide zijden van de HDD is uitgegaan van een tie-in, waarbij de bouwput start op 2 meter vóór de bovenbocht en eindigt op 2 meter ná de bocht. Voor de leiding aangelegd in open ontgraving en ter hoogte van andere kruisingen, is een uitvoeringszakkingsverschil van 0 aangehouden. Het uitvoeringszakkingsverschil ter hoogte van andere kruisingen is in dit geval niet relevant voor de beoordeling van de kruising van de A-605-01 met het Stieltjeskanaal en Dommerskanaal.

Locatie	Tabel NEN 3650-1	Dekking	Sleuftype	Grondsoort	Pijp	Waarde [mm]
Tie-in	C.10	-	-	Zand	DN200	-25

Tabel 6-3: Uitvoeringszakkingsverschil

Toelichting toegepast verloop van het uitvoeringszakkingsverschil

Voor de overgang in uitvoeringszakkingsverschillen is een talud van 1 m aangehouden.

Voor de leidingsecties en/of kruisingen waarbij er meer dan 0,5 meter onder de leiding ontgraven wordt, zal additionele klink optreden. Voor deze leidingdelen zijn op basis van het klinkpercentage uit de NEN3650-1 additionele waarden bepaald: verdicht zand (2%), onverdicht zand (7,5%), klei onverdicht (15%) en onverdicht veen (20%). Het additionele uitvoeringszakkingsverschil is weergegeven in tabel 6-4. Voor de leidingsecties en/of kruisingen waarbij er minder dan 0,5 meter onder de leiding ontgraven wordt, zal het uitvoeringszakkingsverschil recht evenredig gecorrigeerd worden.

Locatie	Grondsoort	Pijp	Extra ontgraving [mm]	Waarde [mm]
Tie-in	Zand	DN200	0 tot 250	0 tot -5

Tabel 6-4: Additionele uitvoeringszakkingsverschil

Toelichting toegepast verloop van het additionele uitvoeringszakkingsverschil

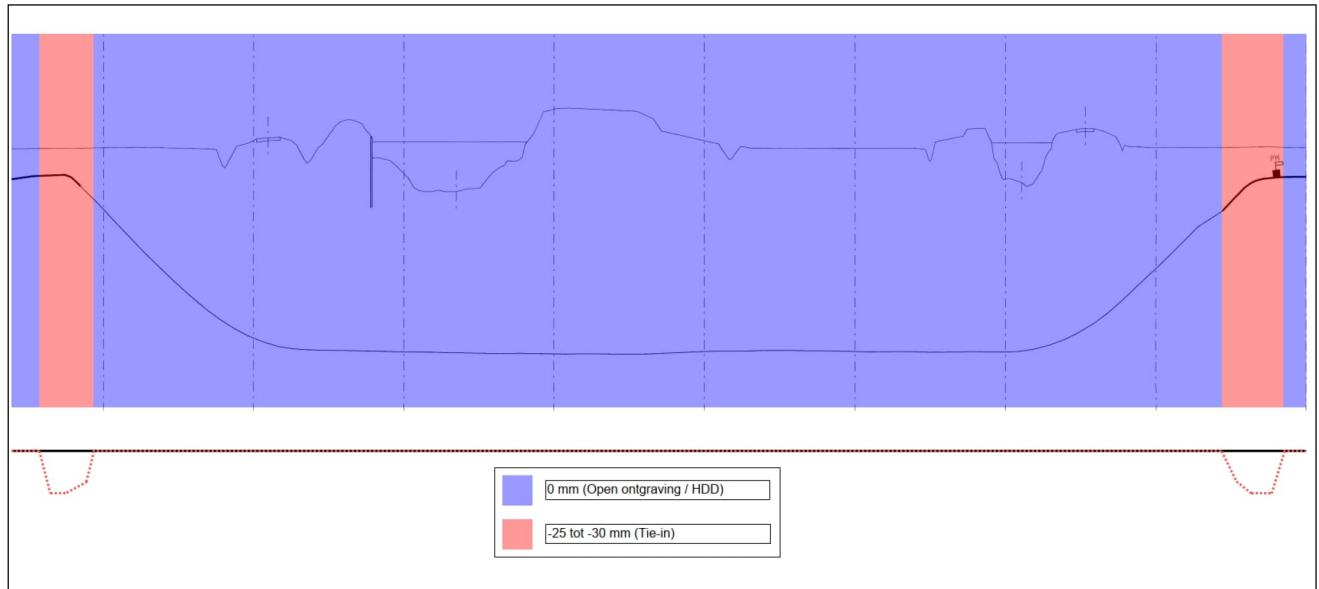
Voor de overgang in uitvoeringszakkingsverschillen is een talud van 1 m aangehouden.

Het overzicht van het totale uitvoeringszakkingsverschil (exclusief partiële factoren) is in tabel 6-5 weergegeven.

Locatie	Uitvoeringszakkingsverschil [mm]	Add. Uitvoeringszakkingsverschil [mm]	Totaal [mm]
Tie-in	-25	0 tot -5	-25 tot -30

Tabel 6-5: Totale uitvoeringszakkingsverschil

De locaties van de totale waarden uit tabel 6-5 zijn weergegeven in Figuur 6-3.



Figuur 6-3: Uitvoeringszakkingsverschil en schematische weergave bouwput

In de berekening is op het totale uitvoeringszakkingsverschil een partiële factor van 1,5 toegepast conform NEN3650-1.

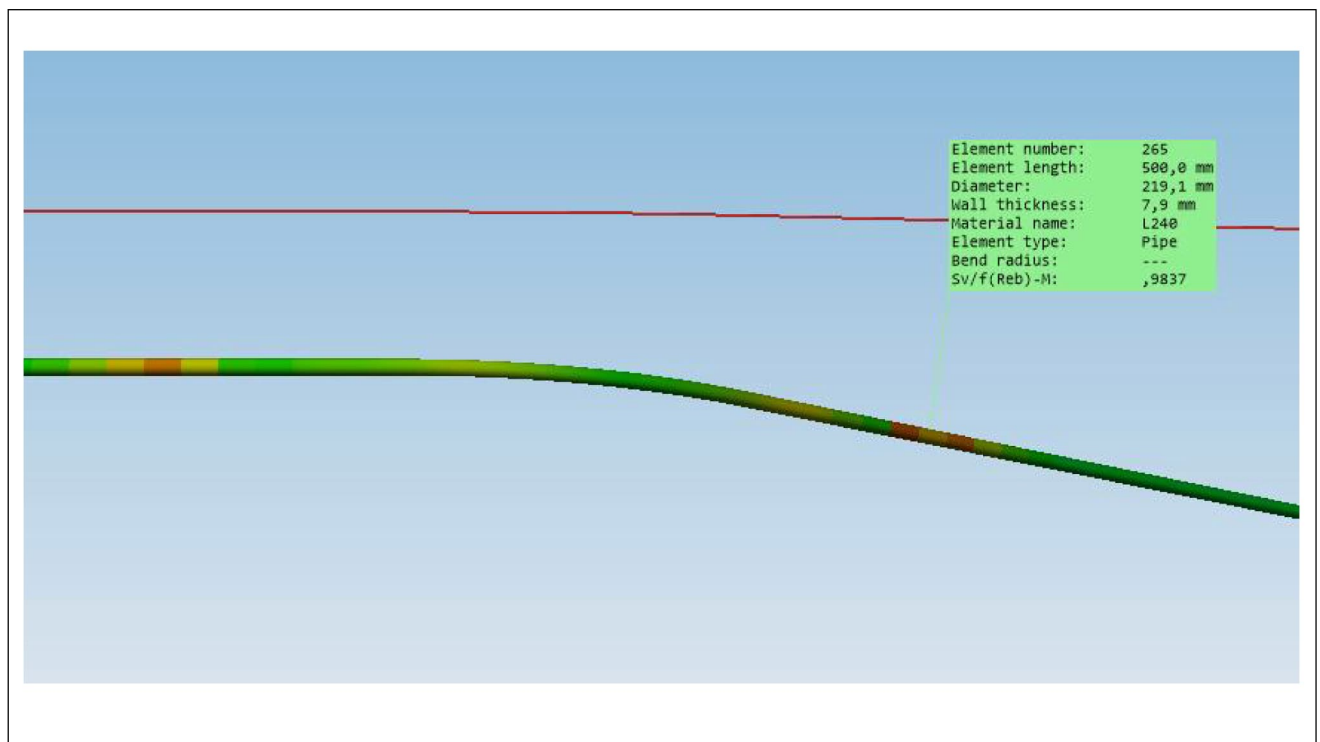
6.7 Resultaat spanningen en vervormingen

In tabel 6-6 zijn de berekende maximale spanningen en vervormingen weergegeven als ratio van de grenswaarden. De toetswaarde van de spanning is bepaald op basis van de NEN3650-2. Voor de vervormingsratio is verondersteld dat alle leidingen raagbaar moeten zijn, waardoor de maximale ovalisatie kleiner of gelijk moet zijn aan 5%. Dit is een conservatieve benadering.

Belastingcombinatie	Spanningsratio	Vervormingsratio
BC 2	0,74	-
BC 3 – Afkoelen	0,84	$0,32 / 5 = 0,06$
BC 4 – Opwarmen	0,98	$0,24 / 5 = 0,05$
BC 4 – Afkoelen	0,80	$0,25 / 5 = 0,05$

Tabel 6-6: Resultaten spanningen en vervormingen voor beoordelen ondergrondse leidingen

De maximale spanning voor de belastingcombinaties BC3 en BC4 is berekend ter plaatse van de bouwput, bij de bovenbocht van de HDD ten noorden van het Stieltjeskanaal en bedraagt 98% van de toelaatbare spanning (zie figuur 6-4).



Figuur 6-4: Locatie van maximaal berekende spanning (BC4W).

De berekende spanningen zijn lager dan de toetsspanning. De leiding voldoet daarmee aan de toetsing volgens belastingcombinatie 2, 3 en 4. De resultaten zijn opgenomen in Bijlage A.6.

7 Faalkansanalyse

Om de risico's van de leidingsectie vast te stellen is een faalkansanalyse opgesteld. Deze analyse beoordeelt de leidingkruising op de faalkanseisen op basis van overstromingskansen. Hiervoor wordt getoetst aan de ratio tussen de faalkans van de kruisingssectie en de beschikbare faalkansruimte voor deze sectie. De volledige analyse is bijgevoegd in Bijlage B.2. In dit hoofdstuk wordt een samenvatting gegeven.

7.1 Faalkansruimte

De faalkansruimte geeft de toelaatbare kans die een leidingkruising mag hebben om te falen met overstroming tot gevolg. Deze faalkansruimte wordt bepaald met behulp van de totale kans dat een waterkering mag falen, gedeeld door alle oorzaken waardoor deze waterkering zou kunnen falen. Voor de waterkeringen aan het Stieltjes- en Dommerskanaal is vastgesteld dat deze eens in de honderd jaar (trajectnorm) mag falen, waarbij 2% van dit falen veroorzaakt mag worden door leidingbreuken. Deze kans moet vervolgens gedeeld worden met alle leidingkruisingen met het Stieltjes- en Dommerskanaal in deze sectie. Wanneer dit minder dan honderd leidingen zijn, mag worden aangenomen dat de faalkans door 10 leidingen gedeeld wordt.

Voor de leidingkruising van de A-605-1 wordt een beschikbare faalkansruimte vastgesteld als:

- $P_{\text{eis,KR,PL}} = 2,00 \cdot 10^{-5}/\text{jaar}$

7.2 Faalkans leidingkruising

De faalkans van een leidingkruising geeft de kans dat een leidingscheur of -breuk optreedt en hierdoor de waterkering faalt, resulterend in een overstroming van het achterliggende maaiveld. Deze faalkans wordt in de grondslag berekend door bekende faalfrequenties van primaire faaloorzaken van ondergrondse leidingen om te rekenen naar een faalkans F_L voor de leidingkruising. De hierbij toegepaste waarden zijn gebaseerd op de EGIG-database. Deze frequenties zijn opgesteld uit data van ondergrondse leidingen in Europa tussen 1970 en 2022, en worden gegeven in de faalfrequentie per 1000 km leiding per jaar en deze bedraagt:

- $F_L = 1,61 \cdot 10^{-7} \text{m/jaar}$

De totale kruisingslengte van de leiding met het Stieltjeskanaal en Dommerskanaal is 346 m, daarmee komt de faalkans ter hoogte van de kruising uit op:

- $F_L = 5,57 \cdot 10^{-5}/\text{jaar}$

Daarnaast zijn correctiefactoren toegepast, welke in overeenstemming met Gasunie en het Waterschap zijn vastgesteld. In overleg is besloten dat factoren uit Cluster 1 en 3 uit de BevB toegepast kunnen worden. De berekening van de faalkans inclusief correctiefactoren is opgenomen in bijlage B.2. Uit het resultaat blijkt dat de faalkans van de leiding gelijk is aan:

- $F_L = 6,63 \cdot 10^{-7}/\text{jaar}$

Vervolgens moet worden bepaald wat de kans is dat, wanneer een leiding faalt, dit leidt tot een overstroming. Er wordt vanuit gegaan dat, wanneer het waterpeil in het Stieltjes- of Dommerskanaal hoger staat dan het naastgelegen maaiveld, er een overstroming zal plaatsvinden wanneer de leiding faalt binnen de veiligheidszone. Aangezien het waterpeil in beide kanalen het gehele jaar hoger is dan het naastgelegen maaiveld, is deze kans gelijk aan:

- $P = 1 / \text{jaar}$

De kans dat een leiding faalt, en dit tot een overstroming leidt wordt bepaald door de kans op leidingfalen en de kans op overstroming met elkaar te vermenigvuldigen. Deze kans wordt dus:

- $F_{tot} = P \cdot F_L = 6,63 \cdot 10^{-7} \text{ /jaar}$

7.3 Resultaat faalkansanalyse

Aangezien de faalkans van de leiding kleiner is dan de beschikbare faalkansruimte, $F_{tot} < P_{\text{eis,KR,PL}}$, wordt voldaan aan de faalkanseisen. Zonder aanpassingen te doen aan de leidingkruising of waterkering is het risico op het falen van de leiding acceptabel.

8 Conclusie en advies

8.1 Conclusie

NEN3650

De kruising voldoet aan de eisen van de NEN3650:2020.

NEN3651

Met betrekking tot de NEN3651 voldoet de kruising met het Stieltjeskanaal en het Dommerskanaal niet op het gebied van de waterstaatkundige voorzieningen. Bij beide keringen ontbreken kwelschermen in kleikist. In overleg met de waterkeringbeheerder kan worden gekozen voor alternatieve maatregelen.

Omdat de leiding niet volledig voldoet aan de geldende eisen, is beoordeeld of de bijbehorende risico's binnen aanvaardbare grenzen blijven. Dit is onderzocht met behulp van een faalkansanalyse.

8.2 Advies

Uit de faalkansanalyse blijkt dat het risico op overstromingen als gevolg van het falen van de leiding acceptabel is. Hiermee wordt aan gestelde veiligheidseisen voldaan.

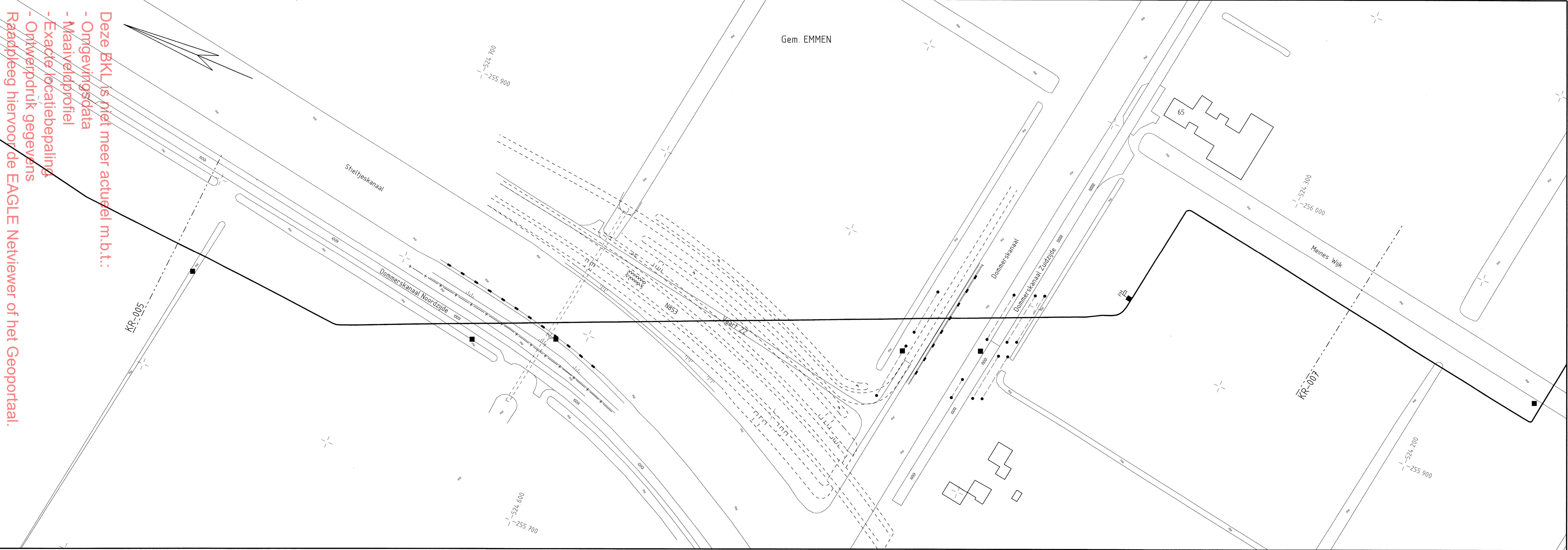
Bijlagen

A.1 Tekeningen
A.2 Relevante onderdelen uit het bodemonderzoek
A.3 Berekening verstoringszone
A.4 Idents in berekeningen
A.5 Input Soil Wizard
A.6 Toets spanning en vervorming
B.1 Importantiefactoren waterstaatswerken
B.2 Faalkansanalyse

Bijlage A.1

Tekeningen

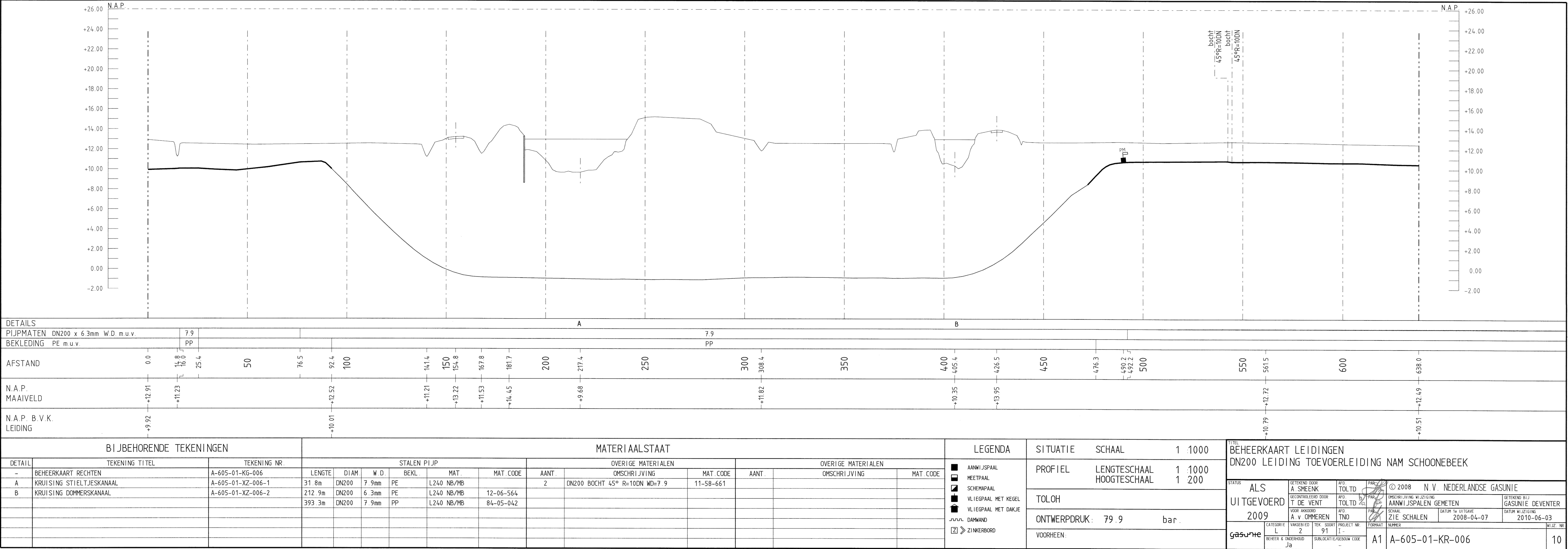
Tekeningnummer	Titel	Revisie	Datum
A-605-01-KR-006	Beheerkaart Leidingen DN200 Leiding toevoerleiding NAM Schoonebeek	10	03-06-2010
A-605-01-XZ-006-1	Detailkaart – Waterkruising nieuwbouw kruis. Stieltjeskanaal - Dommerskanaal	7	26-05-2009
A-605-01-XZ-006-2	Detailkaart – Waterkruising nieuwbouw kruis. Stieltjeskanaal - Dommerskanaal	7	26-05-2009



Deze BKL is niet meer actueel m.b.t.:

- Omgevingsdata
- Maatveldprofiel
- Exacte locatiebepaling
- Ontwerpdruk gegevens

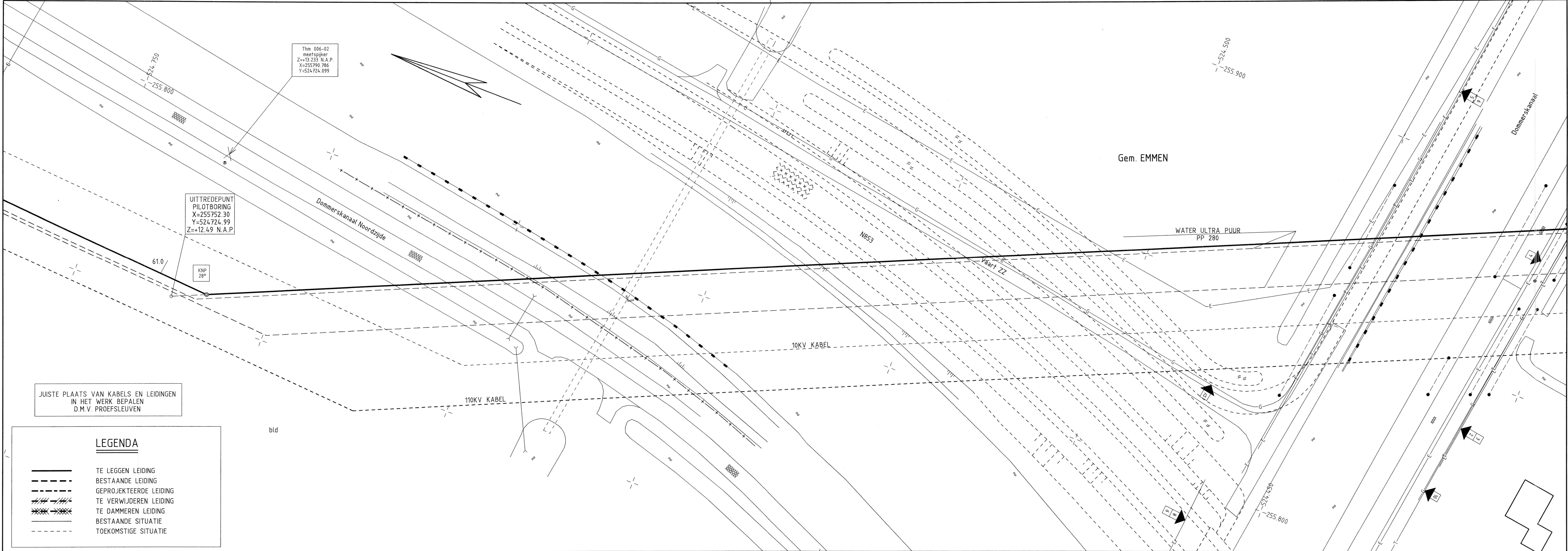
Raadpleeg hiervoor de EAGLE Netviewer of het Geoportaal.



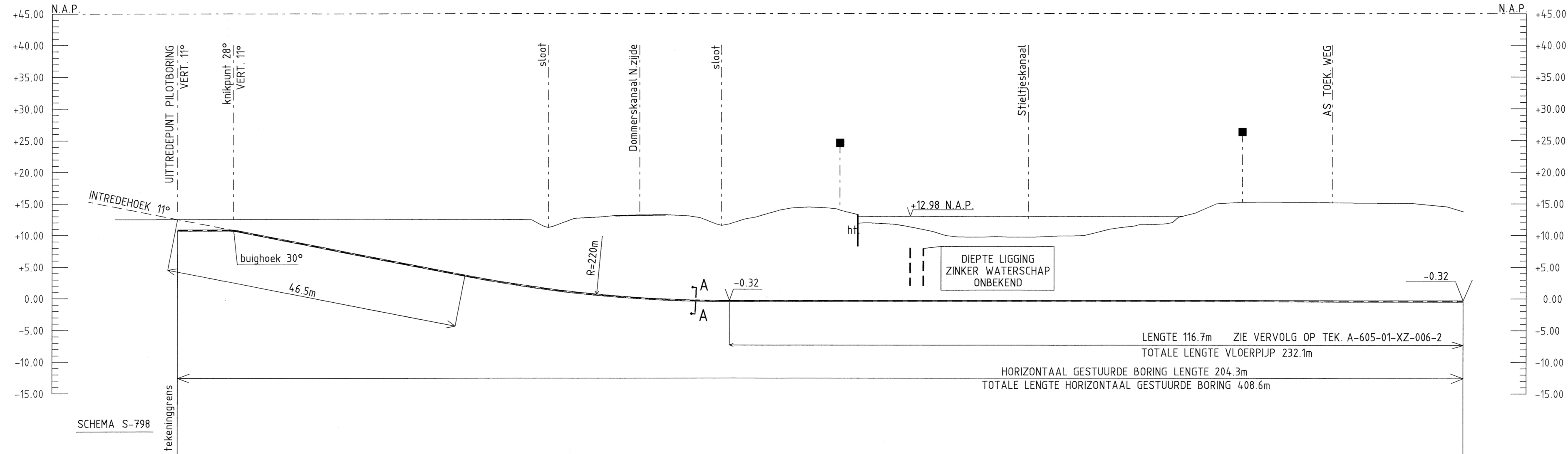
TEK. NR. A-605-01-XZ-006-1

26-05-2009

ALLEEN WIJZIGEN VIA CAD



KNIKPUNTEN
R > 400, TENZIJ
ANDERS VERMELD.



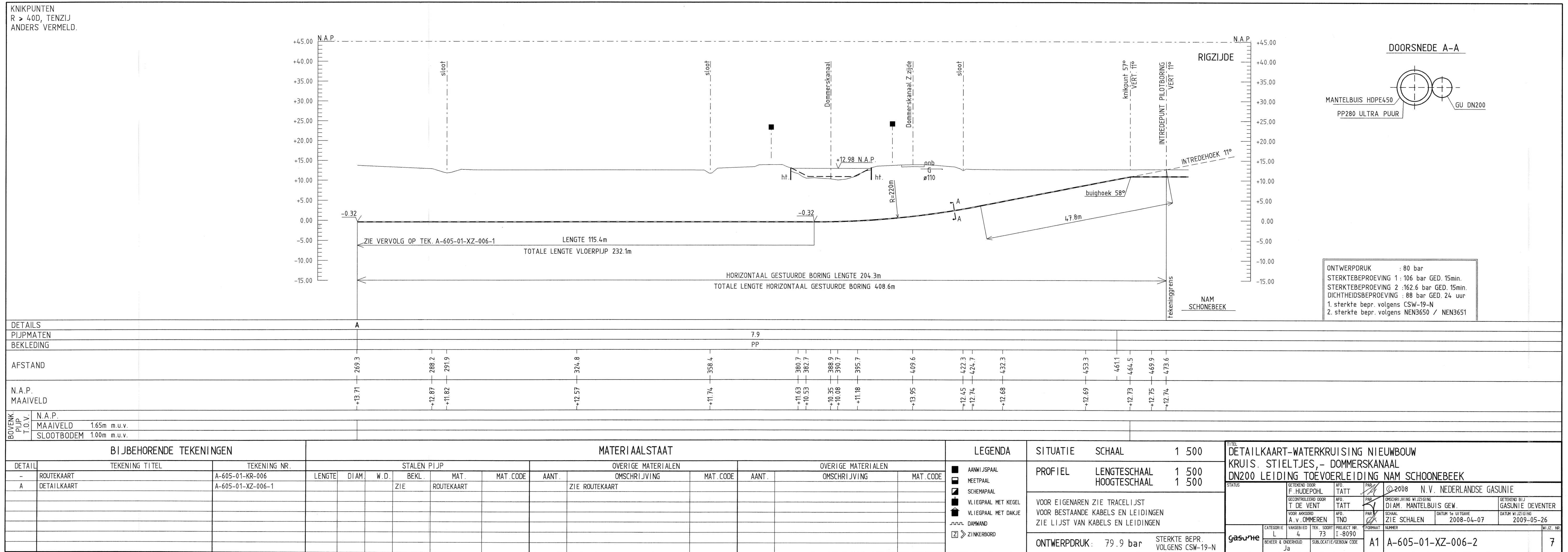
DOORSNEDEN A-A

MANTELBUIS HDPE450
PP280 ULTRA PUUR

GU DN200

ONTWERPDRUK : 80 bar
STERKTEBEPROEVING 1 : 106 bar GED. 15min.
STERKTEBEPROEVING 2 : 162.6 bar GED. 15min.
DICHTHEIDBEPROEVING : 88 bar GED. 24 uur
1. sterkte bepr. volgens CSW-19-N
2. sterkte bepr. volgens NEN3650 / NEN3651

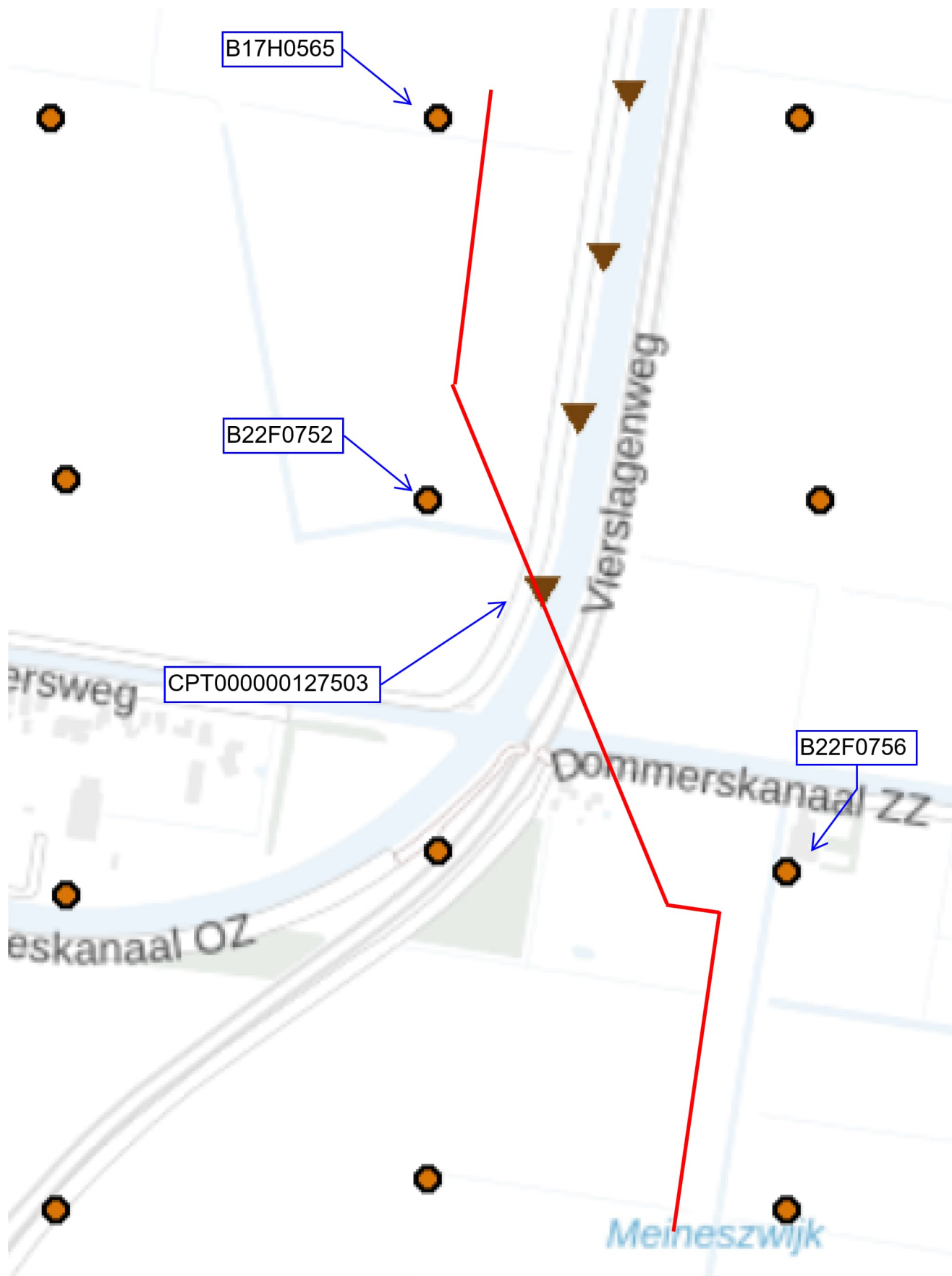
DETAILS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
PIJPMATEN DN200 x 6.3mm W.D m.u.v.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
BEKLEDING PE m.u.v.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
AFSTAND																	61.0	65.0	73.8	77.2	93.8	123.8	138.3	151.3	165.2	173.9	176.9	181.3	183.4	188.9	198.4	208.9	214.9	219.9	222.9	230.0	238.4	261.1	269.3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
N.A.P.																	+12.49	+12.50	+12.52		+12.58		+11.21		+13.22		+11.53		+14.45		+11.93		+11.83		+11.30		+10.88		+9.73		+9.68		+9.93		+11.23		+11.68		+11.98		+14.96		+15.22		+15.01		+13.71																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
MAAIVELD																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								

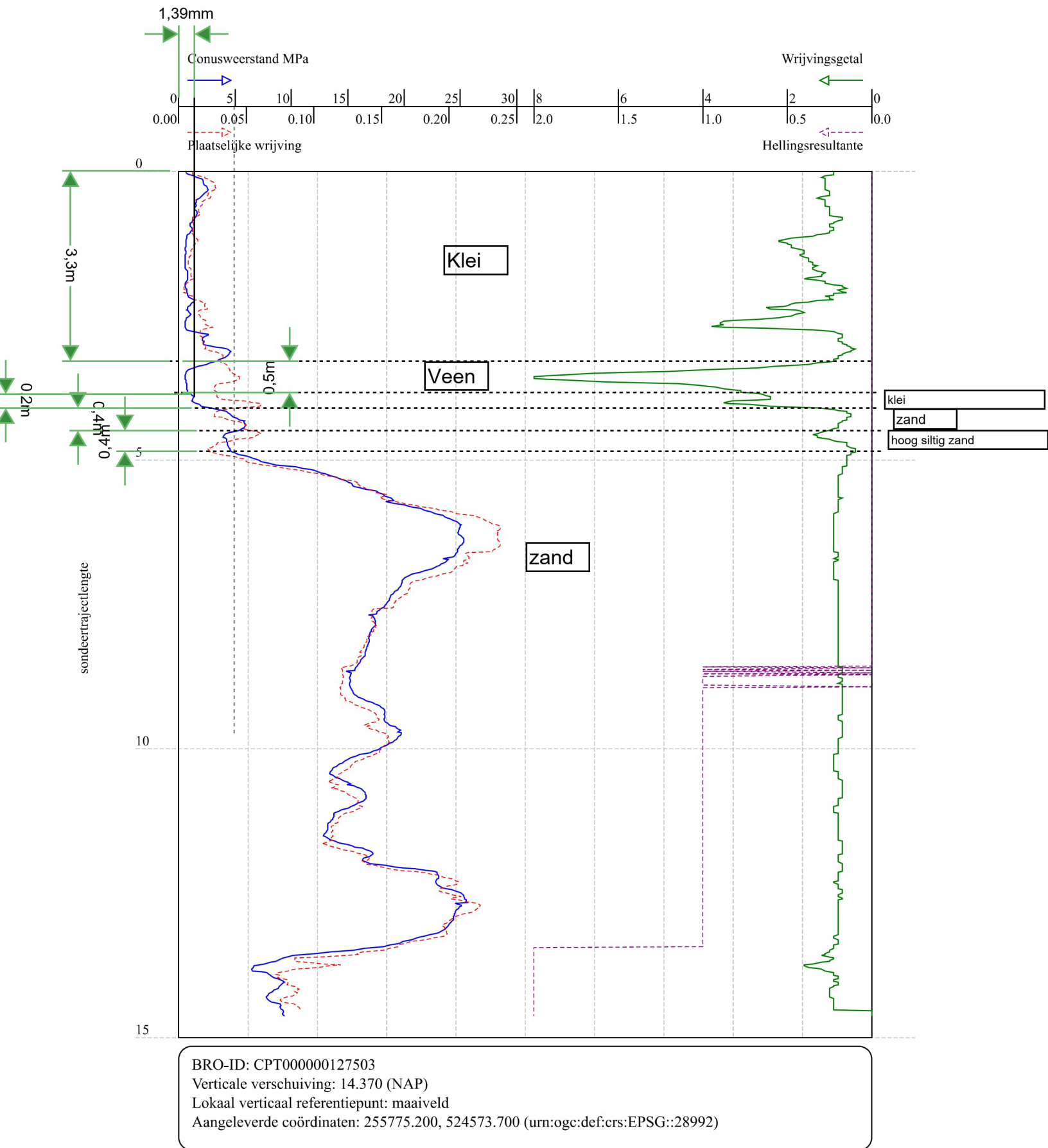


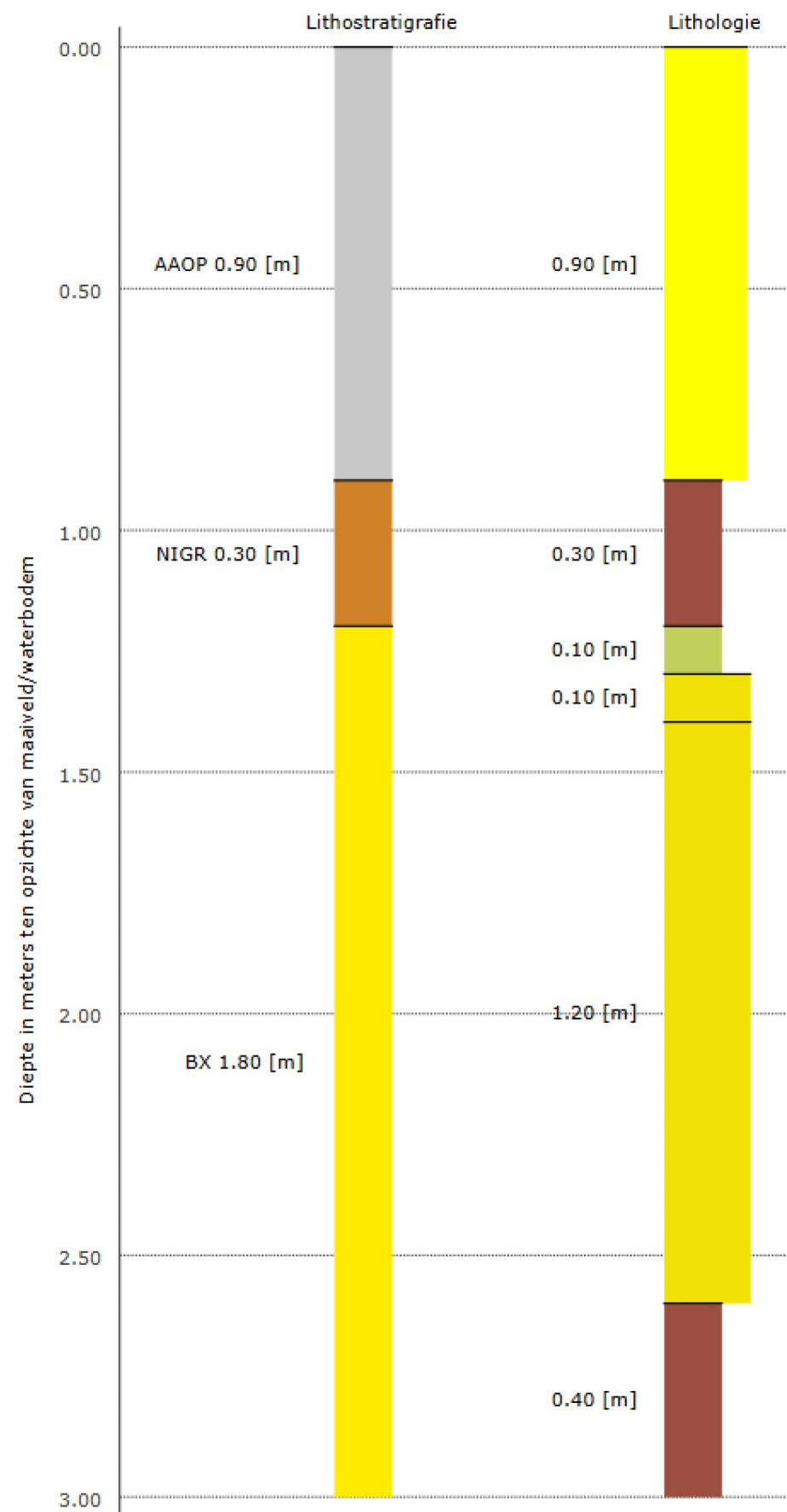
Bijlage A.2

Relevante onderdelen uit het bodemonderzoek

Referentie	Titel	Revisie	Datum
CPT000000127503	DINOloket sondering	-	22-04-2020
B22F0752	DINOloket boring	-	-
B17H0565	DINOloket boring	-	-
B22F0756	DINOloket boring	-	-
B22F0084	Peilbuis (provincie Drente)	-	2025-2026







ID: B22F0752

RD locatie: 255670 (x), 524660 (y), RD

WGS84 locatie: 761903 (lon), 5845953 (lat)

Verticale positie: 13.00 [m] (NAP)

Startdatum: Onbekend

Beschikbare informatie: Digitale opnamegegevens

BeschrijfMethode(s): ONB

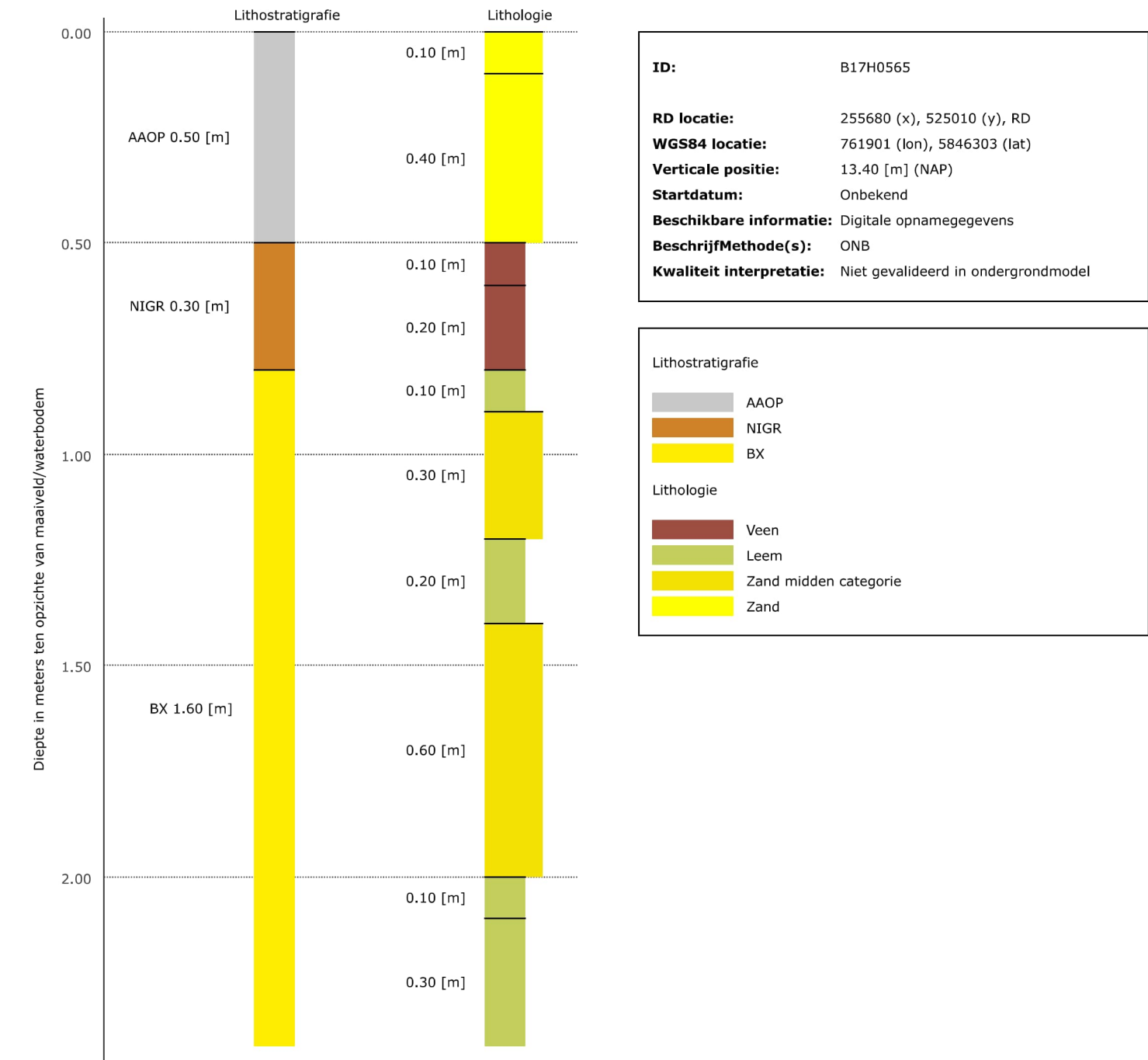
Kwaliteit interpretatie: Niet gevalideerd in ondergrondmodel

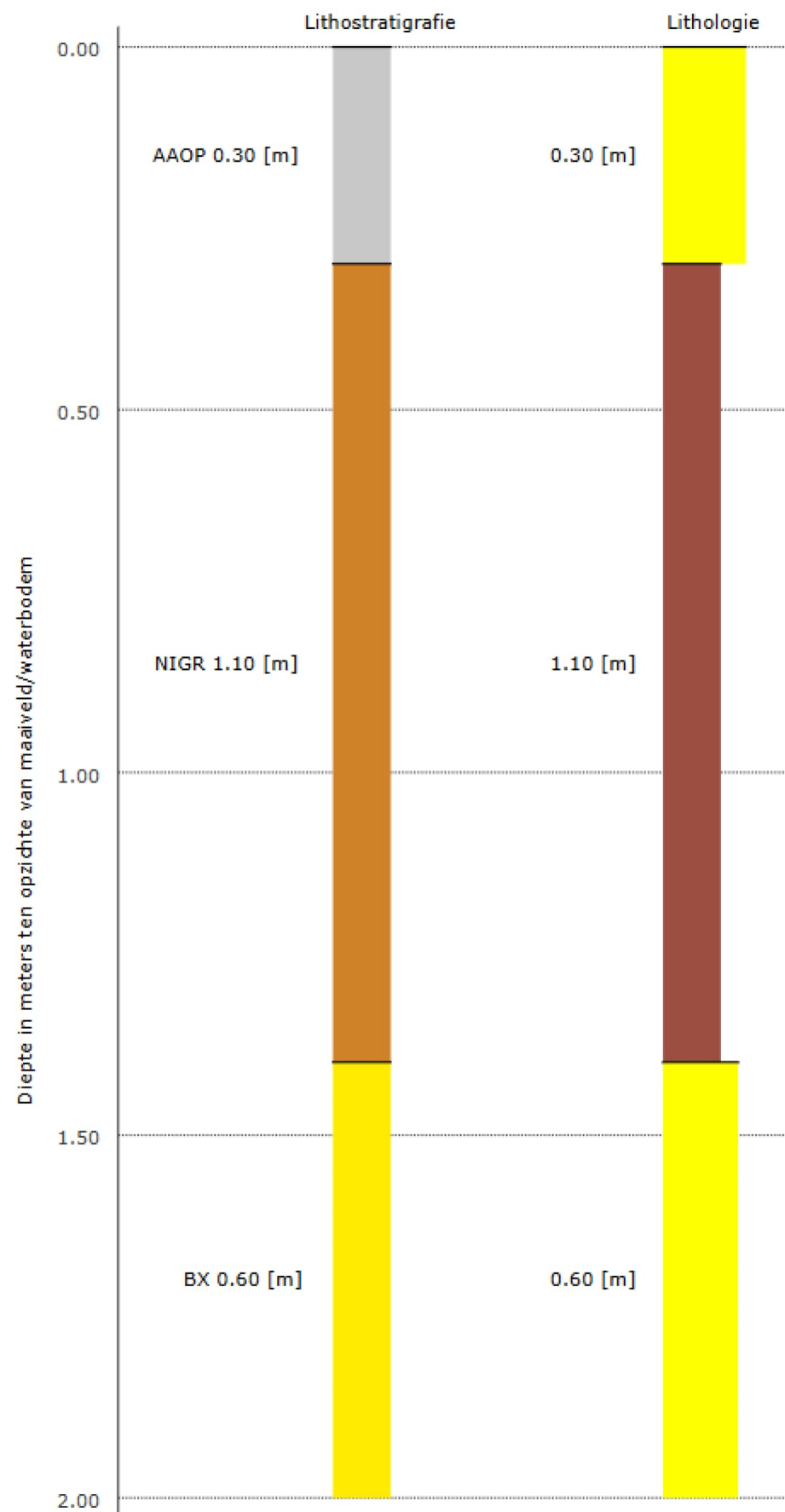
Lithostratigrafie

- AAOP
- NIGR
- BX

Lithologie

- Veen
- Gyttja
- Leem
- Zand midden categorie
- Zand





ID: B22F0756

RD locatie: 256000 (x), 524320 (y), RD

WGS84 locatie: 762244 (lon), 5845624 (lat)

Verticale positie: 13.20 [m] (NAP)

Startdatum: Onbekend

Beschikbare informatie: Digitale opnamegegevens

BeschrijfMethode(s): ONB

Kwaliteit interpretatie: Niet gevalideerd in ondergrondmodel

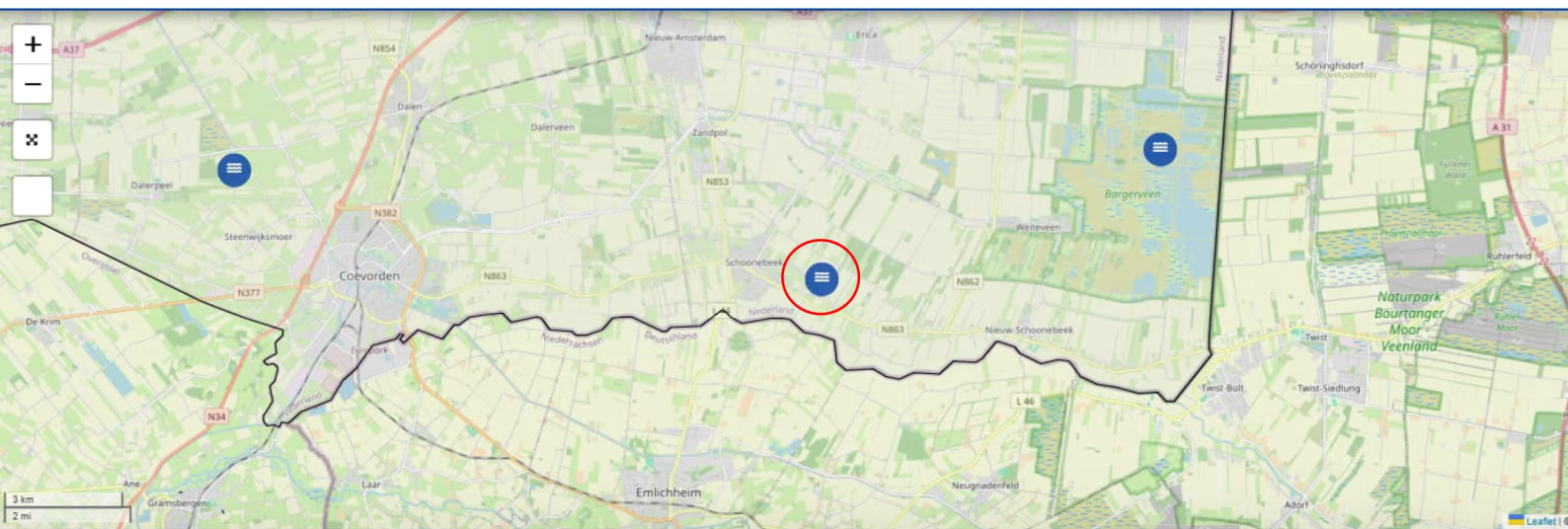
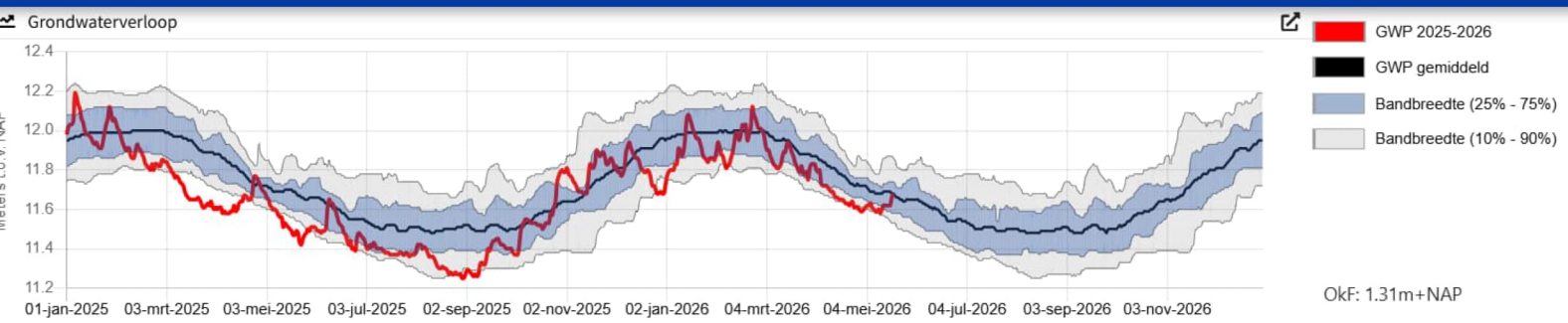
Lithostratigrafie

- AAOP
- NIGR
- BX

Lithologie

- Veen
- Zand fijne categorie
- Zand

B22F0084 (Schoonebeek)



Bijlage A.3

Berekening verstoringszone

Berekening
Stieltjeskanaal - verstoringszone
<ul style="list-style-type: none">Noordzijde
<ul style="list-style-type: none">Zuidzijde
Dommerskanaal - verstoringszone
<ul style="list-style-type: none">Noordzijde
<ul style="list-style-type: none">Zuidzijde

Bepaling verstoringszone gasleidingen

Conform NEN 3651:2020

LEIDINGGEGEVENS					Opmerkingen
Uitwendige middellijn leiding	D_o	=	219,1	mm	
Wanddikte leiding	d	=	7,9	mm	
Inwendige middellijn leiding	D_i	=	203,3	mm	
GATGEGEVENS					Opmerkingen
Type lek		=	guillotine		
Oppervlakte uitstroombopening	A	=	32461	mm ²	
Tijdsduur uitstroming	t	=	7200	s	
GRONDGEGEVENS					Opmerkingen
Grondsoort		=	Zand		
Gronddekking op de kruin	H	=	7,7	m	
Diepte van de leidingas	Z	=	7,81	m	
Vochtgehalte van de grond	w	=	5	%	
CONSTANTEN					Opmerkingen
Constante (afh. van w en type grond)	$R(w)$	=	0,041		
Valversnelling	g	=	9,81	m/s ²	
Gasconstante	R	=	8,314	J K ⁻¹ mol ⁻¹	
Constante voor adiab. isentr. expansie	κ	=	1,41		
OMGEVINGSGEGEVENS					Opmerkingen
Omgevingsdruk	p_{omg}	=	1	bara	
BEDRIJFSGEGEVENS					Opmerkingen
Medium		=	Waterstof		
Molmassa	M	=	0,002	kg/mol	
Massastroom per tijdseenheid	Q	=	4	kg/s	
Ontwerpdruk	p_d	=	66,2	barg	
Gemiddelde druk van het gas in de leiding	p_o	=	66,2	barg	Let op eenheid: bara of barg
BEREKENDE WAARDEN					Opmerkingen
Druk gas t.p.v. uitstroombopening	p^*	=	34,9	barg	
Dichtheid medium in de leiding	ρ_o	=	6,0	kg/m ³	
Dichtheid medium bij uitstroming	ρ^*	=	3,9	kg/m ³	
Dichtheid uitstromend gas bij omg. druk	ρ_{omg}	=	0,0899	kg/m ³	
Kritische uitstroomsnelheid	u^*	=	1140,9	m/s	
Impulsflux van de straal	I	=	1,21E+05	N	
EROSIEKRATER					Opmerkingen
Breedte ontgroning	G_B	=	10,89	m	Loodrecht op de leiding (eenzijdig)
Lengte ontgroning	G_L	=	22,20	m	Parallel aan de leiding (totaal)
Diepte ontgroning	D_k	=	8,06	m	
EXPLOIEKRATER					Opmerkingen
Straal ontgroning	t	=	Plastisch		
Diepte ontgroning	D_k	=	7,92	m	
Plastische straal	t_p	=	0,84	m	
VERWEKINGSZONE (met name i.g.v. los zand)					Opmerkingen
Evenwijdig aan waterstaatswerk	E_l	=	11,59	m	
Kruisend met waterstaatswerk	E_k	=	5,80	m	

Breedte ontgroning bij lekke leiding
afstand t.o.v. hart leiding (m)

Bovenaanzicht ontgroning bij lekke leiding
afstand t.o.v. hart leiding (m)

20

	Rev.	Datum	Omschrijving			Door	Gec.	Gez.
	0	20-04-26	Verstoringszone Stieltjeskanaal Noord			T. Kalthof		
Vestiging	Afdeling	Form	Ordnummer	sub	Documentnummer	Sheet		Rev
	A4					1 van 1		0

Bepaling verstoringszone gasleidingen

Conform NEN 3651:2020

LEIDINGGEGEVENS					Opmerkingen
Uitwendige middellijn leiding	D_o	=	219,1	mm	
Wanddikte leiding	d	=	7,9	mm	
Inwendige middellijn leiding	D_i	=	203,3	mm	
GATGEGEVENS					Opmerkingen
Type lek		=	guillotine		
Oppervlakte uitstroombopening	A	=	32461	mm ²	
Tijdsduur uitstroming	t	=	7200	s	
GRONDGEGEVENS					Opmerkingen
Grondsoort		=	Zand		
Gronddekking op de kruin	H	=	13,4	m	
Diepte van de leidingas	Z	=	13,51	m	
Vochtgehalte van de grond	w	=	5	%	
CONSTANTEN					Opmerkingen
Constante (afh. van w en type grond)	$R(w)$	=	0,041		
Valversnelling	g	=	9,81	m/s ²	
Gasconstante	R	=	8,314	J K ⁻¹ mol ⁻¹	
Constante voor adiab. isentr. expansie	κ	=	1,41		
OMGEVINGSGEGEVENS					Opmerkingen
Omgevingsdruk	p_{omg}	=	1	bara	
BEDRIJFSGEGEVENS					Opmerkingen
Medium		=	Waterstof		
Molmassa	M	=	0,002	kg/mol	
Massastroom per tijdseenheid	Q	=	4	kg/s	
Ontwerpdruk	p_d	=	66,2	barg	
Gemiddelde druk van het gas in de leiding	p_o	=	66,2	barg	Let op eenheid: bara of barg
BEREKENDE WAARDEN					Opmerkingen
Druk gas t.p.v. uitstroombopening	p^*	=	34,9	barg	
Dichtheid medium in de leiding	ρ_o	=	6,0	kg/m ³	
Dichtheid medium bij uitstroming	ρ^*	=	3,9	kg/m ³	
Dichtheid uitstromend gas bij omg. druk	ρ_{omg}	=	0,0899	kg/m ³	
Kritische uitstroomsnelheid	u^*	=	1140,9	m/s	
Impulsflux van de straal	I	=	1,21E+05	N	
EROSIEKRATER					Opmerkingen
Breedte ontgroning	G_B	=	9,53	m	Loodrecht op de leiding (eenzijdig)
Lengte ontgroning	G_L	=	19,47	m	Parallel aan de leiding (totaal)
Diepte ontgroning	D_k	=	13,76	m	
EXPLOIEKRATER					Opmerkingen
Straal ontgroning	t	=	Plastisch		
Diepte ontgroning	D_k	=	13,62	m	
Plastische straal	t_p	=	0,48	m	
VERWEKINGSZONE (met name i.g.v. los zand)					Opmerkingen
Evenwijdig aan waterstaatswerk	E_l	=	11,59	m	
Kruisend met waterstaatswerk	E_k	=	5,80	m	

Breedte ontgroning bij lekke leiding
afstand t.o.v. hart leiding (m)

Bovenaanzicht ontgroning bij lekke leiding
afstand t.o.v. hart leiding (m)

20

	Rev.	Datum	Omschrijving			Door	Gec.	Gez.
	0	17-04-26	Verstoringszone Stieltjeskanaal Zuid			T. Kalthof		
Vestiging	Afdeling	Form	Ordernummer	sub	Documentnummer	Sheet		Rev
	A4					1 van 1		0

Bepaling verstoringszone gasleidingen

Conform NEN 3651:2020

LEIDINGGEGEVENS					Opmerkingen
Uitwendige middellijn leiding	D_o	=	219,1	mm	
Wanddikte leiding	d	=	7,9	mm	
Inwendige middellijn leiding	D_i	=	203,3	mm	
GATGEGEVENS					Opmerkingen
Type lek		=	guillotine		
Oppervlakte uitstroombopening	A	=	32461	mm ²	
Tijdsduur uitstroming	t	=	7200	s	
GRONDGEGEVENS					Opmerkingen
Grondsoort		=	Zand		
Gronddekking op de kruin	H	=	13,47	m	
Diepte van de leidingas	Z	=	13,58	m	
Vochtgehalte van de grond	w	=	5	%	
CONSTANTEN					Opmerkingen
Constante (afh. van w en type grond)	$R(w)$	=	0,041		
Valversnelling	g	=	9,81	m/s ²	
Gasconstante	R	=	8,314	J K ⁻¹ mol ⁻¹	
Constante voor adiab. isentr. expansie	κ	=	1,41		
OMGEVINGSGEGEVENS					Opmerkingen
Omgevingsdruk	p_{omg}	=	1	bara	
BEDRIJFSGEGEVENS					Opmerkingen
Medium		=	Waterstof		
Molmassa	M	=	0,002	kg/mol	
Massastroom per tijdseenheid	Q	=	4	kg/s	
Ontwerpdruk	p_d	=	66,2	barg	
Gemiddelde druk van het gas in de leiding	p_o	=	66,2	barg	Let op eenheid: bara of barg
BEREKENDE WAARDEN					Opmerkingen
Druk gas t.p.v. uitstroombopening	p^*	=	34,9	barg	
Dichtheid medium in de leiding	ρ_o	=	6,0	kg/m ³	
Dichtheid medium bij uitstroming	ρ^*	=	3,9	kg/m ³	
Dichtheid uitstromend gas bij omg. druk	ρ_{omg}	=	0,0899	kg/m ³	
Kritische uitstroomsnelheid	u^*	=	1140,9	m/s	
Impulsflux van de straal	I	=	1,21E+05	N	
EROSIEKRATER					Opmerkingen
Breedte ontgroning	G_B	=	9,52	m	Loodrecht op de leiding (eenzijdig)
Lengte ontgroning	G_L	=	19,44	m	Parallel aan de leiding (totaal)
Diepte ontgroning	D_k	=	13,83	m	
EXPLOIEKRATER					Opmerkingen
Straal ontgroning	t	=	Plastisch		
Diepte ontgroning	D_k	=	13,69	m	
Plastische straal	t_p	=	0,48	m	
VERWEKINGSZONE (met name i.g.v. los zand)					Opmerkingen
Evenwijdig aan waterstaatswerk	E_l	=	11,59	m	
Kruisend met waterstaatswerk	E_k	=	5,80	m	

Breedte ontgroning bij lekke leiding
afstand t.o.v. hart leiding (m)

Bovenaanzicht ontgroning bij lekke leiding
afstand t.o.v. hart leiding (m)

20

	Rev.	Datum	Omschrijving			Door	Gec.	Gez.
	0	20-04-26	Verstoringszone Dommerskananaal Noord			T. Kalthof		
Vestiging	Afdeling	Form	Ordernummer	sub	Documentnummer	Sheet		Rev
	A4					1 van 1		0

Bepaling verstoringszone gasleidingen

Conform NEN 3651:2020

LEIDINGGEGEVENS					Opmerkingen
Uitwendige middellijn leiding	D_o	=	219,1	mm	
Wanddikte leiding	d	=	7,9	mm	
Inwendige middellijn leiding	D_i	=	203,3	mm	
GATGEGEVENS					Opmerkingen
Type lek		=	guillotine		
Oppervlakte uitstroombopening	A	=	32461	mm ²	
Tijdsduur uitstroming	t	=	7200	s	
GRONDGEGEVENS					Opmerkingen
Grondsoort		=	Zand		
Gronddekking op de kruin	H	=	5,2	m	
Diepte van de leidingas	Z	=	5,31	m	
Vochtgehalte van de grond	w	=	5	%	
CONSTANTEN					Opmerkingen
Constante (afh. van w en type grond)	$R(w)$	=	0,041		
Valversnelling	g	=	9,81	m/s ²	
Gasconstante	R	=	8,314	J K ⁻¹ mol ⁻¹	
Constante voor adiab. isentr. expansie	κ	=	1,41		
OMGEVINGSGEGEVENS					Opmerkingen
Omgevingsdruk	p_{omg}	=	1	bara	
BEDRIJFSGEGEVENS					Opmerkingen
Medium		=	Waterstof		
Molmassa	M	=	0,002	kg/mol	
Massastroom per tijdseenheid	Q	=	4	kg/s	
Ontwerpdruk	p_d	=	66,2	barg	
Gemiddelde druk van het gas in de leiding	p_o	=	66,2	barg	Let op eenheid: bara of barg
BEREKENDE WAARDEN					Opmerkingen
Druk gas t.p.v. uitstroombopening	p^*	=	34,9	barg	
Dichtheid medium in de leiding	ρ_o	=	6,0	kg/m ³	
Dichtheid medium bij uitstroming	ρ^*	=	3,9	kg/m ³	
Dichtheid uitstromend gas bij omg. druk	ρ_{omg}	=	0,0899	kg/m ³	
Kritische uitstroomsnelheid	u^*	=	1140,9	m/s	
Impulsflux van de straal	I	=	1,21E+05	N	
EROSIEKRATER					Opmerkingen
Breedte ontgroning	G_B	=	11,95	m	Loodrecht op de leiding (eenzijdig)
Lengte ontgroning	G_L	=	24,32	m	Parallel aan de leiding (totaal)
Diepte ontgroning	D_k	=	5,56	m	
EXPLOIEKRATER					Opmerkingen
Straal ontgroning	t	=	Plastisch		
Diepte ontgroning	D_k	=	5,42	m	
Plastische straal	t_p	=	1,23	m	
VERWEKINGSZONE (met name i.g.v. los zand)					Opmerkingen
Evenwijdig aan waterstaatswerk	E_l	=	11,59	m	
Kruisend met waterstaatswerk	E_k	=	5,80	m	

Breedte ontgroning bij lekke leiding
afstand t.o.v. hart leiding (m)

Bovenaanzicht ontgroning bij lekke leiding
afstand t.o.v. hart leiding (m)

20

	Rev.	Datum	Omschrijving			Door	Gec.	Gez.
	0	20-04-26	Verstoringszone Dommerskanaal Zuid			T. Kalthof		
Vestiging	Afdeling	Form A4	Ordernummer	sub	Documentnummer		Sheet 1 van 1	Rev 0

Bijlage A.4

Idents in berekeningen

Berekening

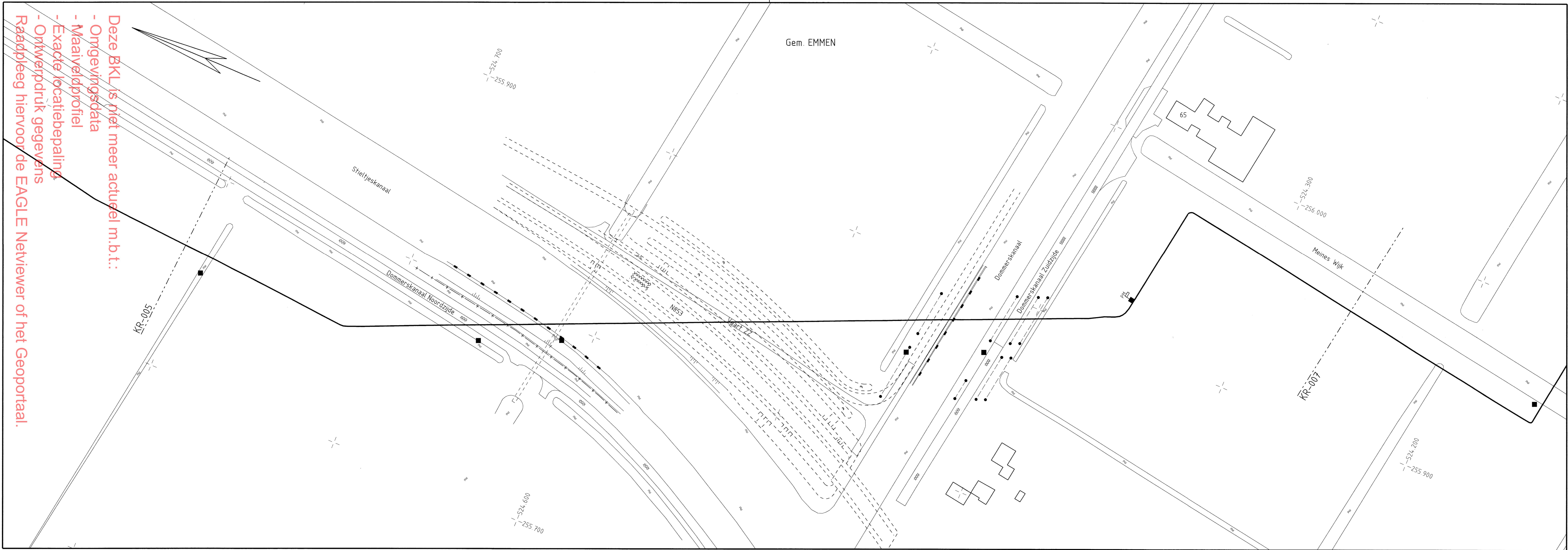
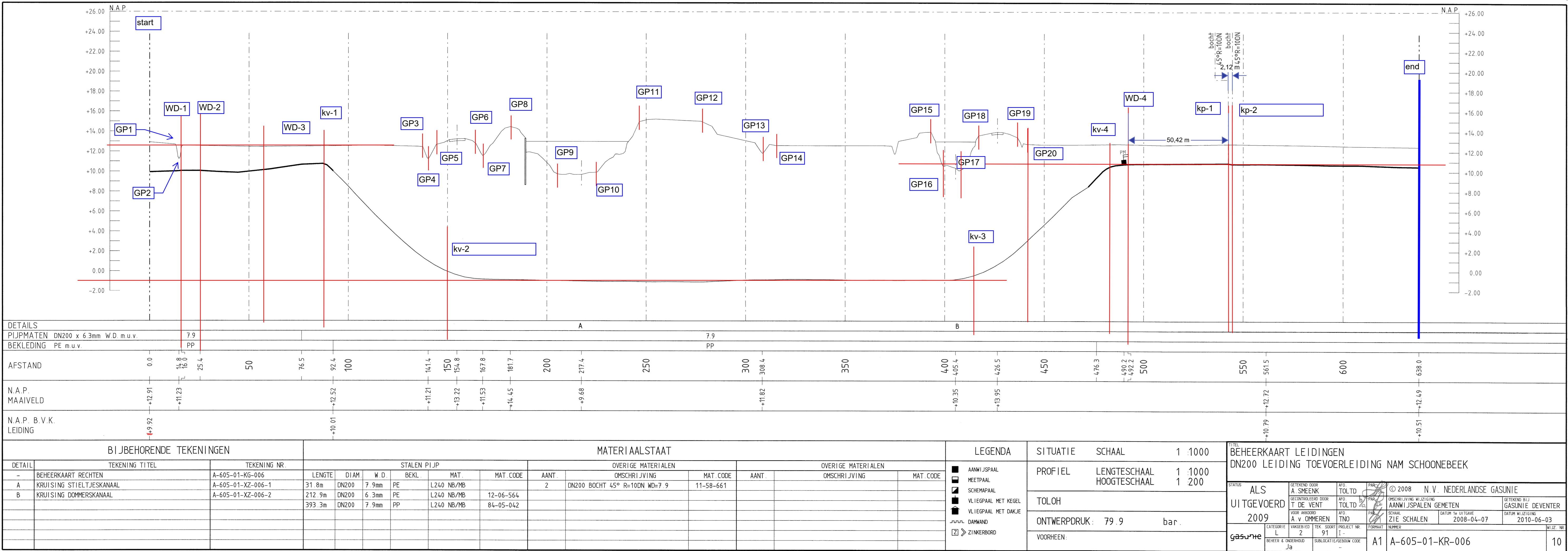
Overzicht Idents op tekening

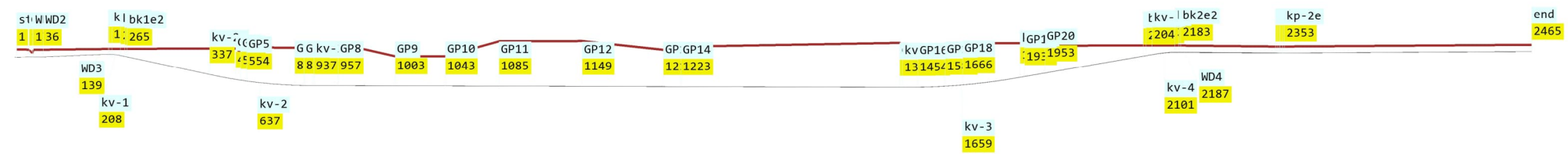
Idents in PLE

Deze BKL is niet meer actueel m.b.t.:

- Omgevingsdata
- Maatveldprofiel
- Exacte locatiebepaling
- Ontwerpdruk gegevens

Raadpleeg hiervoor de EAGLE Netviewer of het Geoportaal.





Bijlage A.5

Input Soil Wizard

Onderdeel
Ground level
(Ground) water level
Soil layers
Soil profile layers
Soil profile locations
General soil settings

G-LEVEL - Ground level

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [8-5-2026;occ.:16]

	Identifier	GROUND1	UNCV1	GROUND2	UNCV2
		mm	mm	mm	mm
1	start	12910	0		
2	GP1	12800	0		
3	GP2	11230	0		
4	WD1	12700	0		
5	WD2	12700	0		
6	WD3	12650	0		
7	kv-1	12650	0		
8	GP3	12650	0		
9	GP4	11210	0		
10	GP5	12750	0		
11	kv-2	13000	0		
12	GP6	12900	0		
13	GP7	11530	0		
14	GP8	14450	0		
15	GP9	9680	0		
16	GP10	9680	0		
17	GP11	15000	0		
18	GP12	15000	0		
19	GP13	11820	0		
20	GP14	12900	0		
21	GP15	14000	0		
22	GP16	10350	0		
23	GP17	10350	0		
24	kv-3	13800	0		
25	GP18	13800	0		
26	GP19	13800	0		
27	GP20	12900	0		
28	kv-4	12900	0		
29	WD4	12900	0		
30	kp-1	12900	0		
31	kp-2	12900	0		
32	end	12750	0		

W-LEVEL - (Ground) water level

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [21-5-2026;occ.:11]

	Identifier	WATER1	UNCV1	WATER2	UNCV2	WEIGHT
		mm	mm	mm	mm	N/mm ³
1	start	12000	0			9,81E-06

SLAYER - Soil layers

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [22-5-2026;occ.:34]

	LAYER	TYP	SUB	GA	GA	PHI	DEL	C'	CU	FM	D*K	MU	MU	G	UF	E	TE
				N/m	N/m	°	°	N/m	N/m		N/m			N/m	mm	N/m	
1	Clay; clean; moderate	Clay		1...E	1...E	17,...	11,7	5...E	,050	,3	,6	,175	,088	,72	5	2,00	
2	Clay; highly sandy	Clay		1...E	1...E	30,...	20,0	5...E	,005	,3	1,5	,100	,040	1,38	5	3,50	
3	Clay; slightly sandy; moderate	Clay		1...E	1...E	22,...	15,0	5...E	,080	,3	,6	,175	,088	1,03	5	3,00	
4	Loam; highly sandy	Loa		1...E	1...E	31,...	20,0	5...E	,075	,3	1,6	,110	,050	1,44	4	4,00	
5	Peat; moderately preloaded; moderate (F)	Peat		1...E	1...E	15,...	10,0	3...E	,025	,3	,4	,200	,100	,25	8	,75	
6	Sand; slightly silty/clayey	San	Slig	1...E	2...E	29,...	20,0	0		,3	2,4	,075	,020	16,...	4	42,...	

SPRLAY - Soil profile layers

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [22-5-2026;occ.:34]

	PROFILE	LAYER	HEIGHT
			mm
1	B22F0752	Sand; slightly silty/clayey	9,000E+2
2	B22F0752	Peat; moderately preloaded; moderate (F)	3,000E+2
3	B22F0752	Loam; highly sandy	1,000E+2
4	B22F0752	Sand; slightly silty/clayey	1,200E+3
5	B22F0752	Peat; moderately preloaded; moderate (F)	4,000E+2
6	B22F0752	Sand; slightly silty/clayey	1,000E+4
7	B22F0752-veen verwijderd	Sand; slightly silty/clayey	9,000E+2
8	B22F0752-veen verwijderd	Peat; moderately preloaded; moderate (F)	3,000E+2

SPRLAY - Soil profile layers

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [22-5-2026;occ.:34]

PROFILE	LAYER	HEIGHT
		mm
9 B22F0752-veen verwijderd	Loam; highly sandy	1,000E+2
10 B22F0752-veen verwijderd	Sand; slightly silty/clayey	1,200E+3
11 B22F0752-veen verwijderd	Sand; slightly silty/clayey	1,000E+4
12 dommerskanaal	Sand; slightly silty/clayey	3,000E+2
13 dommerskanaal	Peat; moderately preloaded; moderate (F)	1,100E+3
14 dommerskanaal	Sand; slightly silty/clayey	1,060E+4
15 Noord stieltjeskanaal	Clay; clean; moderate	3,300E+3
16 Noord stieltjeskanaal	Peat; moderately preloaded; moderate (F)	5,000E+2
17 Noord stieltjeskanaal	Clay; clean; moderate	2,000E+2
18 Noord stieltjeskanaal	Sand; slightly silty/clayey	4,000E+2
19 Noord stieltjeskanaal	Clay; highly sandy	4,000E+2
20 Noord stieltjeskanaal	Sand; slightly silty/clayey	1,000E+4

SLOC - Soil profile locations

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [22-5-2026;occ.:34]

IDENT	PROFILE1	PROFILE2	SOILNB	SOILNB	INSTALL1	INSTALL2	DEFO	DEFO
1 start	B22F0752		Real		TrenchCompressed		Slow	
2 GP1	B22F0752		Real		TrenchCompressed		Slow	
3 GP2	B22F0752		Real		TrenchCompressed		Slow	
4 WD1	B22F0752	B22F0752	Real	Real	TrenchCompressed	TrenchCompressed	Slow	Slow
5 WD2	B22F0752	B22F0752	Real	Real	TrenchCompressed	TrenchCompressed	Slow	Slow
6 WD3	B22F0752	B22F0752	Real	Real	TrenchCompressed	TrenchCompressed	Slow	Slow
7 bk1s1	B22F0752-veen verwij		Real		TrenchCompressed		Slow	
8 bk1s2	B22F0752-veen verwij		Real		TrenchCompressed		Slow	
9 kv-1	B22F0752-veen verwij		Real		TrenchCompressed		Slow	
10 bk1e1	B22F0752-veen verwij		Real		TrenchCompressed		Slow	
11 bk1e2	B22F0752-veen verwij	Noord stieltjeskanaal	Real	Neutral	TrenchCompressed	HDD	Slow	Slow
12 GP3	Noord stieltjeskanaal		Neutral		HDD		Slow	
13 GP4	Noord stieltjeskanaal		Neutral		HDD		Slow	
14 GP5	Noord stieltjeskanaal		Neutral		HDD		Slow	
15 kv-2	Noord stieltjeskanaal		Neutral		HDD		Slow	
16 GP6	Noord stieltjeskanaal		Neutral		HDD		Slow	
17 GP7	Noord stieltjeskanaal		Neutral		HDD		Slow	
18 GP8	Noord stieltjeskanaal		Neutral		HDD		Slow	
19 GP9	Noord stieltjeskanaal		Neutral		HDD		Slow	
20 GP10	Noord stieltjeskanaal		Neutral		HDD		Slow	
21 GP11	Noord stieltjeskanaal		Neutral		HDD		Slow	
22 GP12	dommerskanaal		Neutral		HDD		Slow	
23 GP13	dommerskanaal		Neutral		HDD		Slow	
24 GP14	dommerskanaal		Neutral		HDD		Slow	
25 GP15	dommerskanaal		Neutral		HDD		Slow	
26 GP16	dommerskanaal		Neutral		HDD		Slow	
27 GP17	dommerskanaal		Neutral		HDD		Slow	
28 kv-3	dommerskanaal		Neutral		HDD		Slow	
29 GP18	dommerskanaal		Neutral		HDD		Slow	
30 GP19	dommerskanaal		Neutral		HDD		Slow	
31 GP20	dommerskanaal		Neutral		HDD		Slow	
32 bk2s1	dommerskanaal	dommerskanaal	Neutral	Real	HDD	TrenchCompressed	Slow	Slow
33 bk2s2	dommerskanaal		Real		TrenchCompressed		Slow	
34 kv-4	dommerskanaal		Real		TrenchCompressed		Slow	
35 bk2e1	dommerskanaal		Real		TrenchCompressed		Slow	
36 bk2e2	dommerskanaal		Real		TrenchCompressed		Slow	
37 WD4	dommerskanaal	dommerskanaal	Real	Real	TrenchCompressed	TrenchCompressed	Slow	Slow
38 kp-1s	dommerskanaal	dommerskanaal	Real	Real	TrenchCompressed	TrenchCompressed	Slow	Slow
39 kp-1	dommerskanaal		Real		TrenchCompressed		Slow	
40 kp-1e	dommerskanaal	dommerskanaal	Real	Real	TrenchCompressed	TrenchCompressed	Slow	Slow
41 kp-2s	dommerskanaal	dommerskanaal	Real	Real	TrenchCompressed	TrenchCompressed	Slow	Slow
42 kp-2	dommerskanaal		Real		TrenchCompressed		Slow	
43 kp-2e	dommerskanaal	dommerskanaal	Real	Real	TrenchCompressed	TrenchCompressed	Slow	Slow
44 end	dommerskanaal		Real		TrenchCompressed		Slow	

	PROPERTY	VALUE
1	Volume weight of water (Default: 9,81E-06 N/mm ³)	0.00000981
2	Half band width (h.b.w.) accuracy percentage (Default: 5%)	5
3	Pipeline operational temperature	Cold
4	State of soil compression	Well packed
5	Calculation methodology	Use updated NEN3650-1:2020

Bijlage A.6

Toets spanning en vervorming

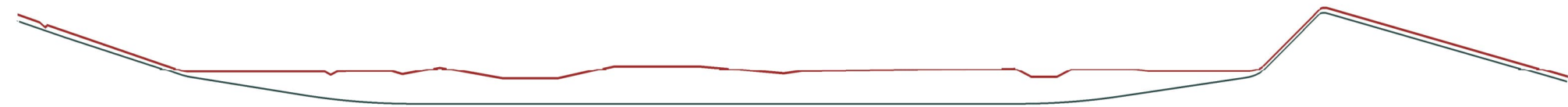
Onderdeel
Belastingcombinatie 2
3D pipeline overview
Belastingcombinatie 3
<ul style="list-style-type: none">• Volledige invoer• Grafiek van berekende spanningen• Berekende spanningen• Grafiek van berekende vervorming• Berekende vervorming
Belastingcombinatie 4
<ul style="list-style-type: none">• Verkorte invoer• Grafiek van berekende spanningen• Berekende spanningen• Grafiek van berekende vervorming• Berekende vervorming

Toets belastingcombinatie 2

Type pijp: Recht, bocht > 40De, elastisch

[illegible]

 BiFINGER	Rev.	Datum	Omschrijving				Door	Gec.	Gez.
	0	17-04-26	16_Stieltjeskanaal				Twan Kalthof		
Vestiging	Afdeling	Form A4		Ordernummer	sub	Documentnummer		Sheet 1 van 1	Rev 0



ORIGIN - Pipeline origin

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [7-1-2026;occ.:6]

	IDENT	X-S	Y-S	Z-S	SNODE	SAX-L	SAX-LP
		mm	mm	mm		mm	mm
1	start	0	0	9810			

POLYDIF - Pipeline polygon points (relative)

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [21-5-2026;occ.:34]

	IDENT	ΔX-N	ΔY-N	Z-N	BENDRAD	ETYP	BEND_EL	PIPE_EL	EXT	N-KINK	L-SEGM
		mm	mm	mm	mm		mm	mm			mm
1	WD1	16000	0	9810	0			1000			
2	WD2	9400	0	9810	0			500			
3	WD3	51100	0	10590	0			500			
4	kv-1	11300	0	10590	8764		73	500	20		
5	kv-2	53866,7801	31100	-1110	219100	Elastic	73	500	20		
6	kv-3	229063,7193	132250	-1110	219100	Elastic	73	500	20		
7	kv-4	59062,9325	34100	10680	8764		73	500	20		
8	WD4	827,9796	9463,8496	10680	0			500			
9	kp-1	4401,365	50307,8323	10680	2000		73	500	20		
10	kp-2	1532,0889	1285,5752	10680	2000		73	500	20		
11	end	92944,9653	-8131,6308	10680	0			1000			

G-LEVEL - Ground level

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [8-5-2026;occ.:16]

	Identifier	GROUND1	UNCV1	GROUND2	UNCV2
		mm	mm	mm	mm
1	start	12910	0		
2	GP1	12800	0		
3	GP2	11230	0		
4	WD1	12700	0		
5	WD2	12700	0		
6	WD3	12650	0		
7	kv-1	12650	0		
8	GP3	12650	0		
9	GP4	11210	0		
10	GP5	12750	0		
11	kv-2	13000	0		
12	GP6	12900	0		
13	GP7	11530	0		
14	GP8	14450	0		
15	GP9	9680	0		
16	GP10	9680	0		
17	GP11	15000	0		
18	GP12	15000	0		
19	GP13	11820	0		
20	GP14	12900	0		
21	GP15	14000	0		
22	GP16	10350	0		
23	GP17	10350	0		
24	kv-3	13800	0		
25	GP18	13800	0		
26	GP19	13800	0		
27	GP20	12900	0		
28	kv-4	12900	0		
29	WD4	12900	0		
30	kp-1	12900	0		
31	kp-2	12900	0		
32	end	12750	0		

W-LEVEL - (Ground) water level

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [21-5-2026;occ.:11]

	Identifier	WATER1	UNCV1	WATER2	UNCV2	WEIGHT
		mm	mm	mm	mm	N/mm³
1	start	12000	0			9,81E-06

ADIDENT - Additional idents

	REFIDENT	Δ AX-LP	NEWIDENT
		mm	
1	start	12000	GP1
2	start	14800	GP2
3	start	139400	GP3
4	start	141400	GP4
5	start	144000	GP5
6	start	164000	GP6
7	start	167800	GP7
8	start	181700	GP8
9	start	205000	GP9
10	start	225000	GP10
11	start	246000	GP11
12	start	278000	GP12
13	start	308400	GP13
14	start	315000	GP14
15	start	393000	GP15
16	start	399500	GP16
17	start	409000	GP17
18	start	415000	GP18
19	start	436000	GP19
20	start	443000	GP20
21	kv-1s	-2000	bk1s2
22	kv-1s	-3000	bk1s1
23	kv-1e	2000	bk1e1
24	kv-1e	3000	bk1e2
25	kv-4s	-3000	bk2s1
26	kv-4s	-2000	bk2s2
27	kv-4e	3000	bk2e2
28	kv-4e	2000	bk2e1

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [19-5-2026;occ.:16]

IDENTS - Identification names

	IDENT	NODE	X-P	AX-L	AX-LP
			mm	mm	mm
1	start	1	0	0	0
2	GP1	13	1,200E+4	1,200E+4	1,200E+4
3	GP2	16	1,500E+4	1,500E+4	1,500E+4
4	WD1	17	1,600E+4	1,600E+4	1,600E+4
5	WD2	36	2,540E+4	2,540E+4	2,540E+4
6	WD3	139	7,650E+4	7,651E+4	7,650E+4
7	bk1s1	151	8,241E+4	8,242E+4	8,241E+4
8	bk1s2	153	8,340E+4	8,340E+4	8,340E+4
9	kv-1s	174	8,531E+4	8,532E+4	8,531E+4
10	kv-1	208	8,771E+4	8,774E+4	8,780E+4
11	kv-1e	242	8,992E+4	9,016E+4	9,024E+4
12	bk1e1	263	9,155E+4	9,209E+4	9,213E+4
13	bk1e2	265	9,240E+4	9,309E+4	9,312E+4
14	kv-2s	337	1,230E+5	1,291E+5	1,285E+5
15	GP3	489	1,325E+5	1,401E+5	1,394E+5
16	GP4	517	1,342E+5	1,422E+5	1,414E+5
17	GP5	554	1,365E+5	1,449E+5	1,440E+5
18	kv-2	637	1,417E+5	1,509E+5	1,500E+5
19	GP6	829	1,538E+5	1,649E+5	1,640E+5
20	GP7	881	1,571E+5	1,687E+5	1,678E+5
21	kv-2e	937	1,606E+5	1,727E+5	1,719E+5
22	GP8	957	1,693E+5	1,827E+5	1,819E+5
23	GP9	1003	1,892E+5	2,057E+5	2,049E+5
24	GP10	1043	2,065E+5	2,257E+5	2,248E+5
25	GP11	1085	2,247E+5	2,467E+5	2,458E+5
26	GP12	1149	2,524E+5	2,787E+5	2,778E+5
27	GP13	1210	2,788E+5	3,091E+5	3,083E+5
28	GP14	1223	2,844E+5	3,156E+5	3,148E+5
29	GP15	1380	3,523E+5	3,941E+5	3,932E+5

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [21-5-2026;occ.:48]

IDENTS - Identification names

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [21-5-2026;occ.:48]

	IDENT	NODE	X-P	AX-L	AX-LP
			mm	mm	mm
30	kv-3s	1382	3,532E+5	3,951E+5	3,942E+5
31	GP16	1454	3,577E+5	4,003E+5	3,995E+5
32	GP17	1584	3,659E+5	4,098E+5	4,090E+5
33	kv-3	1659	3,707E+5	4,153E+5	4,145E+5
34	GP18	1666	3,711E+5	4,158E+5	4,150E+5
35	kv-3e	1936	3,880E+5	4,355E+5	4,345E+5
36	GP19	1939	3,893E+5	4,370E+5	4,359E+5
37	GP20	1953	3,953E+5	4,440E+5	4,428E+5
38	bk2s1	2019	4,233E+5	4,769E+5	4,753E+5
39	bk2s2	2021	4,242E+5	4,779E+5	4,762E+5
40	kv-4s	2042	4,259E+5	4,799E+5	4,781E+5
41	kv-4	2101	4,289E+5	4,841E+5	4,827E+5
42	kv-4e	2160	4,302E+5	4,884E+5	4,873E+5
43	bk2e1	2181	4,304E+5	4,903E+5	4,893E+5
44	bk2e2	2183	4,305E+5	4,913E+5	4,902E+5
45	WD4	2187	4,306E+5	4,932E+5	4,922E+5
46	kp-1s	2304	4,350E+5	5,429E+5	5,419E+5
47	kp-1	2315	4,352E+5	5,437E+5	5,427E+5
48	kp-1e	2326	4,357E+5	5,445E+5	5,435E+5
49	kp-2s	2331	4,359E+5	5,448E+5	5,439E+5
50	kp-2	2342	4,366E+5	5,456E+5	5,447E+5
51	kp-2e	2353	4,374E+5	5,464E+5	5,455E+5
52	end	2465	5,295E+5	6,389E+5	6,380E+5

MATL - Material location

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [7-1-2026;occ.:3]

	Identifier	MATREF	FABMET	MATFACT
1	Start	L240		

ISTROP - Isotropic materials

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [7-1-2026;occ.:4]

	MATREF	Emod	Gmod	Nu	ALPHA	Re	ReT	WEIGHT
		N/mm ²	N/mm ²		1/°C	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ³
1	L240	212000		0,3	1,13E-05	240		7,7E-05

DIAM - Outer diameter

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [7-1-2026;occ.:2]

	Identifier	DOUT1	DOUT2	IOVAL1	IOVAL2
		mm	mm	%	%
1	start	219,1			

WALL - Wall thicknesses

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [23-4-2026;occ.:7]

	Identifier	T-NOM1	COR-AL1	RTOL1	ATOL1	T-NOM2	COR-AL2	RTOL2	ATOL2
		mm	mm	%	mm	mm	mm	%	mm
1	WD1	6,3		12,5		7,9		12,5	
2	WD2	7,9		12,5		6,3		12,5	
3	WD3	6,3		12,5		7,9		12,5	
4	WD4	7,9		12,5		6,3		12,5	
5	kp-1s	6,3		12,5		9,34		12,5	
6	kp-1e	9,34		12,5		6,3		12,5	
7	kp-2s	6,3		12,5		9,34		12,5	
8	kp-2e	9,34		12,5		6,3		12,5	

COATING - Pipe coatings & Medium in Pipe

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [21-5-2026;occ.:6]

	Start Identifier	End Identifier	NAME	TYPE	THICK	WEIGHT
					mm	N/mm ³
1	start		Hydrogen	Medium		5,85E-08

KLH - Horizontal soil stiffness

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [22-5-2026;occ.:34]

	Identifier	KLH1	KLH2	UNCF-L	UNCF-H	VARAR
		N/mm ³	N/mm ³			%
1	start	0,053689			1,7	5
2	GP1	0,050446			1,7	5
3	GP2	0,015045			1,7	5
4	WD1	0,046959			1,7	5
5	WD2	0,046959	0,046942		1,7	5
6	WD3	0,037137			1,7	5
7	bk1s1	0,037385			1,7	5
8	bk1s2	0,037385			1,7	5
9	kv-1	0,04005			1,7	5
10	bk1e1	0,056517			1,7	5
11	bk1e2	0,061012	0,029844		1,7	5
12	GP3	0,23332			1,7	5
13	GP4	0,22297			1,7	5
14	GP5	0,25187			1,7	5
15	kv-2	0,27445			1,7	5
16	GP6	0,2949			1,7	5
17	GP7	0,27489			1,7	5
18	GP8	0,33057			1,7	5
19	GP9	0,2634			1,7	5
20	GP10	0,2634			1,7	5
21	GP11	0,34171			1,7	5
22	GP12	0,42422			1,7	5
23	GP13	0,32111			1,7	5
24	GP14	0,33033			1,7	5
25	GP15	0,37931			1,7	5
26	GP16	0,28097			1,7	5
27	GP17	0,27095			1,7	5
28	kv-3	0,34849			1,7	5
29	GP18	0,34729			1,7	5
30	GP19	0,2695			1,7	5
31	GP20	0,1988			1,7	5
32	bk2s1	0,056247	0,055595		1,7	5
33	bk2s2	0,051658			1,7	5
34	kv-4	0,031639			1,7	5
35	bk2e1	0,027346			1,7	5
36	bk2e2	0,027346			1,7	5
37	WD4	0,027346			1,7	5
38	kp-1s	0,027346			1,7	5
39	kp-1	0,027346			1,7	5
40	kp-1e	0,027346			1,7	5
41	kp-2s	0,027346			1,7	5
42	kp-2	0,027346			1,7	5
43	kp-2e	0,027333	0,027332		1,7	5
44	end	0,02573			1,7	5

KLS - Downward vertical soil stiffness

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [22-5-2026;occ.:34]

	Identifier	KLS1	KLS2	UNCF-L	UNCF-H	VARAR
		N/mm ³	N/mm ³			%
1	start	0,050461			2	5
2	GP1	0,046781			2	5
3	GP2	0,010051			2	5
4	WD1	0,042873			2	5
5	WD2	0,042873	0,042854		2	5
6	WD3	0,012565			1,7095	5
7	bk1s1	0,030968			2	5
8	bk1s2	0,030968			2	5
9	kv-1	0,03333			2	5
10	bk1e1	0,048561			2	5
11	bk1e2	0,052907	0,043043		2	5
12	GP3	0,096204			2	5
13	GP4	0,090228			2	5

KLS - Downward vertical soil stiffness

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [22-5-2026;occ.:34]

	Identifier	KLS1	KLS2	UNCF-L	UNCF-H	VARAR
		N/mm ³	N/mm ³			%
14	GP5	0,099665			2	5
15	kv-2	0,10413			2	5
16	GP6	0,10702			2	5
17	GP7	0,099946			2	5
18	GP8	0,11712			2	5
19	GP9	0,094561			2	5
20	GP10	0,094561			2	5
21	GP11	0,1204			2	5
22	GP12	0,12248			2	5
23	GP13	0,10397			2	5
24	GP14	0,10851			2	5
25	GP15	0,11601			2	5
26	GP16	0,097514			2	5
27	GP17	0,095854			2	5
28	kv-3	0,11154			2	5
29	GP18	0,11137			2	5
30	GP19	0,099449			2	5
31	GP20	0,086665			2	5
32	bk2s1	0,052907	0,057299		2	5
33	bk2s2	0,05319			2	5
34	kv-4	0,033056			2	5
35	bk2e1	0,028888			2	5
36	bk2e2	0,028888			2	5
37	WD4	0,028888			2	5
38	kp-1s	0,028888			2	5
39	kp-1	0,028888			2	5
40	kp-1e	0,028888			2	5
41	kp-2s	0,028888			2	5
42	kp-2	0,028888			2	5
43	kp-2e	0,028859	0,028856		2	5
44	end	0,025539			2	5

KLT - Upward vertical soil stiffness

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [22-5-2026;occ.:34]

	Identifier	KLT1	KLT2	UNCF-L	UNCF-H	VARAR
		N/mm ³	N/mm ³			%
1	start	0,0077612			1,5097	5
2	GP1	0,0064893			1,5129	5
3	GP2	0,0001979			1,5308	5
4	WD1	0,0052853			1,5167	5
5	WD2	0,0052853	0,0052799		1,5167	5
6	WD3	0,0032519			1,4736	5
7	bk1s1	0,0032519			1,4691	5
8	bk1s2	0,0032519			1,4691	5
9	kv-1	0,004092			1,4656	5
10	bk1e1	0,012865			1,4503	5
11	bk1e2	0,016571	0,043043		1,4473	5
12	GP3	0,096204			1,5149	5
13	GP4	0,090228			1,459	5
14	GP5	0,099665			1,5123	5
15	kv-2	0,10413			1,5141	5
16	GP6	0,10702			1,5045	5
17	GP7	0,099946			1,4613	5
18	GP8	0,11712			1,543	5
19	GP9	0,094561			1,405	5
20	GP10	0,094561			1,405	5
21	GP11	0,1204			1,5551	5
22	GP12	0,12248			1,4339	5
23	GP13	0,10397			1,4008	5
24	GP14	0,10851			1,439	5
25	GP15	0,11601			1,4361	5
26	GP16	0,097514			1,4	5

KLT - Upward vertical soil stiffness

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [22-5-2026;occ.:34]

	Identifier	KLT1	KLT2	UNCF-L	UNCF-H	VARAR
		N/mm ³	N/mm ³			%
27	GP17	0,095854			1,4	5
28	kv-3	0,11154			1,4387	5
29	GP18	0,11137			1,4388	5
30	GP19	0,099449			1,4486	5
31	GP20	0,086665			1,4596	5
32	bk2s1	0,052907	0,008387		1,5521	5
33	bk2s2	0,0067036			1,5596	5
34	kv-4	0,00158			1,6167	5
35	bk2e1	0,0010458			1,6361	5
36	bk2e2	0,0010458			1,6361	5
37	WD4	0,0010458			1,6361	5
38	kp-1s	0,0010458			1,6361	5
39	kp-1	0,0010458			1,6361	5
40	kp-1e	0,0010458			1,6361	5
41	kp-2s	0,0010458			1,6361	5
42	kp-2	0,0010458			1,6361	5
43	kp-2e	0,001044	0,0010438		1,636	5
44	end	0,0008493			1,6179	5

F - Pipe-soil friction

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [22-5-2026;occ.:45]

	Identifier	F1	F2	UNCF-L	UNCF-H	CFA1	CFA2	VARAR
		N/mm ²	N/mm ²					%
1	start	0,0093695			1,4059			5
2	GP1	0,0089112			1,4059			5
3	GP2	0,0033086			1,4059			5
4	WD1	0,0084112			1,4059			5
5	WD2	0,0084112	0,0084088		1,4059			5
6	WD3	0,0066019			1,7225			5
7	bk1s1	0,0067863			1,375			5
8	bk1s2	0,0067863			1,375			5
9	kv-1	0,0071286			1,375			5
10	bk1e1	0,0091706			1,375			5
11	bk1e2	0,0097118	5E-05		1,375			5
12	GP3	5E-05			1,375			5
13	GP4	5E-05			1,375			5
14	GP5	5E-05			1,375			5
15	kv-2	5E-05			1,375			5
16	GP6	5E-05			1,375			5
17	GP7	5E-05			1,375			5
18	GP8	5E-05			1,375			5
19	GP9	5E-05			1,375			5
20	GP10	5E-05			1,375			5
21	GP11	5E-05			1,375			5
22	GP12	5E-05			1,375			5
23	GP13	5E-05			1,375			5
24	GP14	5E-05			1,375			5
25	GP15	5E-05			1,375			5
26	GP16	5E-05			1,375			5
27	GP17	5E-05			1,375			5
28	kv-3	5E-05			1,375			5
29	GP18	5E-05			1,375			5
30	GP19	5E-05			1,375			5
31	GP20	5E-05			1,375			5
32	bk2s1	5E-05	0,010268		1,375			5
33	bk2s2	0,0097703			1,375			5
34	kv-4	0,007114			1,375			5
35	bk2e1	0,0065025			1,375			5
36	bk2e2	0,0065025			1,375			5
37	WD4	0,0065025			1,375			5
38	kp-1s	0,0065025			1,375			5
39	kp-1	0,0065025			1,375			5

F - Pipe-soil friction

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [22-5-2026;occ.:45]

	Identifier	F1	F2	UNCF-L	UNCF-H	CFA1	CFA2	VARAR
		N/mm ²	N/mm ²					%
40	kp-1e	0,0065025			1,375			5
41	kp-2s	0,0065025			1,375			5
42	kp-2	0,0065025			1,375			5
43	kp-2e	0,0064982	0,0064978		1,375			5
44	end	0,0059894			1,375			5

UF - Displacement at max. soil friction

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [22-5-2026;occ.:34]

	Identifier	UF1	UF2	UNCF-L	UNCF-H
		mm	mm		
1	start	4,1263			1,6
2	GP1	4,1263			1,6
3	GP2	4,1263			1,6
4	WD1	4,1263			1,6
5	WD2	4,1263			1,6
6	WD3	5,4185			1,5911
7	bk1s1	4			1,6
8	bk1s2	4			1,6
9	kv-1	4			1,6
10	bk1e1	4			1,6
11	bk1e2	4	8		1,6
12	GP3	8			1,6
13	GP4	8			1,6
14	GP5	8			1,6
15	kv-2	8			1,6
16	GP6	8			1,6
17	GP7	8			1,6
18	GP8	8			1,6
19	GP9	8			1,6
20	GP10	8			1,6
21	GP11	8			1,6
22	GP12	8			1,6
23	GP13	8			1,6
24	GP14	8			1,6
25	GP15	8			1,6
26	GP16	8			1,6
27	GP17	8			1,6
28	kv-3	8			1,6
29	GP18	8			1,6
30	GP19	8			1,6
31	GP20	8			1,6
32	bk2s1	8	4		1,6
33	bk2s2	4			1,6
34	kv-4	4			1,6
35	bk2e1	4			1,6
36	bk2e2	4			1,6
37	WD4	4			1,6
38	kp-1s	4			1,6
39	kp-1	4			1,6
40	kp-1e	4			1,6
41	kp-2s	4			1,6
42	kp-2	4			1,6
43	kp-2e	4			1,6
44	end	4			1,6

RVS - Sub-soil bearing capacity

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [22-5-2026;occ.:34]

	Identifier	RVS1	RVS2	UNCF-L	UNCF-H	VARAR
		N/mm ²	N/mm ²			%
1	start	0,88265			2	5
2	GP1	0,83851			2	5
3	GP2	0,28917			2	5

RVS - Sub-soil bearing capacity

	Identifier	RVS1	RVS2	UNCF-L	UNCF-H	VARAR
		N/mm ²	N/mm ²			%
4	WD1	0,79034			2	5
5	WD2	0,79034	0,79011		2	5
6	WD3	0,31772			1,7095	5
7	bk1s1	0,63404			2	5
8	bk1s2	0,63404			2	5
9	kv-1	0,66653			2	5
10	bk1e1	0,86033			2	5
11	bk1e2	0,91168	0,72867		2	5
12	GP3	3,0801			2	5
13	GP4	2,7129			2	5
14	GP5	3,2961			2	5
15	kv-2	3,585			2	5
16	GP6	3,7773			2	5
17	GP7	3,3036			2	5
18	GP8	4,4878			2	5
19	GP9	2,9702			2	5
20	GP10	2,9702			2	5
21	GP11	4,7306			2	5
22	GP12	4,8881			2	5
23	GP13	3,5643			2	5
24	GP14	3,8765			2	5
25	GP15	4,4071			2	5
26	GP16	3,1513			2	5
27	GP17	3,0489			2	5
28	kv-3	4,0882			2	5
29	GP18	4,076			2	5
30	GP19	3,2822			2	5
31	GP20	2,5178			2	5
32	bk2s1	0,9611			2	5
33	bk2s2	0,9139			2	5
34	kv-4	0,6617			2	5
35	bk2e1	0,60361			2	5
36	bk2e2	0,60361			2	5
37	WD4	0,60361			2	5
38	kp-1s	0,60361			2	5
39	kp-1	0,60361			2	5
40	kp-1e	0,60361			2	5
41	kp-2s	0,60361			2	5
42	kp-2	0,60361			2	5
43	kp-2e	0,6032	0,60316		2	5
44	end	0,55491			2	5

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [22-5-2026;occ.:34]

RVT - Ultimate top-soil reaction

	Identifier	RVT1	RVT2	UNCF-L	UNCF-H	VARAR
		N/mm ²	N/mm ²			%
1	start	0,17161			1,5	5
2	GP1	0,15897			1,5	5
3	GP2	0,030745			1,5	5
4	WD1	0,14566			1,5	5
5	WD2	0,14566	0,1456		1,5	5
6	WD3	0,089052			1,5	5
7	bk1s1	0,089052			1,5	5
8	bk1s2	0,089052			1,5	5
9	kv-1	0,097739			1,5	5
10	bk1e1	0,15788			1,5	5
11	bk1e2	0,17621	0,14034		1,5	5
12	GP3	0,8047			1,5	5
13	GP4	0,80102			1,5	5
14	GP5	0,84632			1,5	5
15	kv-2	0,89389			1,5	5
16	GP6	0,9397			1,5	5

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [22-5-2026;occ.:34]

RVT - Ultimate top-soil reaction

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [22-5-2026;occ.:34]

	Identifier	RVT1	RVT2	UNCF-L	UNCF-H	VARAR
		N/mm ²	N/mm ²			%
17	GP7	0,91446			1,5	5
18	GP8	0,99767			1,5	5
19	GP9	0,91249			1,5	5
20	GP10	0,91249			1,5	5
21	GP11	1,0152			1,5	5
22	GP12	1,2198			1,5	5
23	GP13	1,0371			1,5	5
24	GP14	1,0339			1,5	5
25	GP15	1,133			1,5	5
26	GP16	0,95365			1,5	5
27	GP17	0,93195			1,5	5
28	kv-3	1,0719			1,5	5
29	GP18	1,0695			1,5	5
30	GP19	0,90595			1,5	5
31	GP20	0,73844			1,5	5
32	bk2s1	0,20843			1,5	5
33	bk2s2	0,18999			1,5	5
34	kv-4	0,10583			1,5	5
35	bk2e1	0,089867			1,5	5
36	bk2e2	0,089867			1,5	5
37	WD4	0,089867			1,5	5
38	kp-1s	0,089867			1,5	5
39	kp-1	0,089867			1,5	5
40	kp-1e	0,089867			1,5	5
41	kp-2s	0,089867			1,5	5
42	kp-2	0,089867			1,5	5
43	kp-2e	0,089766	0,089757		1,5	5
44	end	0,078214			1,5	5

RH - Ultimate hor. soil reaction

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [22-5-2026;occ.:34]

	Identifier	RH1	RH2	UNCF-L	UNCF-H	CFH1	CFH2	VARAR
		N/mm ²	N/mm ²					%
1	start	0,35646			1,6877			5
2	GP1	0,33493			1,6903			5
3	GP2	0,09989			1,7046			5
4	WD1	0,31178			1,6933			5
5	WD2	0,31178	0,31167		1,6933			5
6	WD3	0,24657			1,6589			5
7	bk1s1	0,24821			1,6553			5
8	bk1s2	0,24821			1,6553			5
9	kv-1	0,26591			1,6525			5
10	bk1e1	0,37524			1,6402			5
11	bk1e2	0,40508	0,19814		1,6379			5
12	GP3	1,5491			1,6919			5
13	GP4	1,4804			1,6472			5
14	GP5	1,6722			1,6898			5
15	kv-2	1,8222			1,6913			5
16	GP6	1,9579			1,6836			5
17	GP7	1,8251			1,649			5
18	GP8	2,1948			1,7144			5
19	GP9	1,7488			1,604			5
20	GP10	1,7488			1,604			5
21	GP11	2,2688			1,724			5
22	GP12	2,8166			1,6271			5
23	GP13	2,132			1,6006			5
24	GP14	2,1932			1,6312			5
25	GP15	2,5184			1,6289			5
26	GP16	1,8654			1,6			5
27	GP17	1,7989			1,6			5
28	kv-3	2,3137			1,6309			5
29	GP18	2,3058			1,631			5

RH - Ultimate hor. soil reaction

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [22-5-2026;occ.:34]

	Identifier	RH1	RH2	UNCF-L	UNCF-H	CFH1	CFH2	VARAR
		N/mm ²	N/mm ²					%
30	GP19	1,7893			1,6389			5
31	GP20	1,3199			1,6477			5
32	bk2s1	0,37344	0,36912		1,7217			5
33	bk2s2	0,34298			1,7277			5
34	kv-4	0,21006			1,7733			5
35	bk2e1	0,18156			1,7889			5
36	bk2e2	0,18156			1,7889			5
37	WD4	0,18156			1,7889			5
38	kp-1s	0,18156			1,7889			5
39	kp-1	0,18156			1,7889			5
40	kp-1e	0,18156			1,7889			5
41	kp-2s	0,18156			1,7889			5
42	kp-2	0,18156			1,7889			5
43	kp-2e	0,18147			1,7888			5
44	end	0,17083			1,7743			5

UNCER - Uncertainty factors

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [22-5-2026;occ.:34]

	U-KLH	U-KLS	U-KLT	U-F	U-UF	U-RVS	U-RVT	U-RH
1	High	High	High	High	High	High	High	High

SLCURVE - Displacement-soil reaction curve shape

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [21-5-2026;occ.:2]

	Identifier	L-CURVE	X-CURVE
1	start	Tanh	Tanh

ENDPTS - Start/end nodes boundary conditions

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [8-1-2026;occ.:5]

	IDENT	COND	STATE
1	start	Infinite	Open
2	end	Infinite	Open

PRESS - Internal overpressure

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [8-5-2026;occ.:3]

	Identifier	PRESS1	PRESS2
		N/mm ²	N/mm ²
1	start	6,62	

TEMP - Temperature differences

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [1-6-2026;occ.:16]

	Identifier	T-ABS1	T-REF1	T-ABS2	T-REF2
		°C	°C	°C	°C
1	start	5	50		

SETZ - Soil displacement in Z-direction

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [22-5-2026;occ.:18]

	Identifier	SETZ1	UNCF1	SETZ2	UNCF2
		mm		mm	
1	bk1s1	0			
2	bk1s2	-30	1,5		
3	kv-1	-30	1,5		
4	bk1e1	-25	1,5		
5	bk1e2	0			
6	bk2s1	0			
7	bk2s2	-25	1,5		
8	kv-4	-30	1,5		
9	bk2e1	-30	1,5		
10	bk2e2	0			

LOCASE - Loading combinations

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [1-6-2026;occ.:18]

	LC	GLOADF	PRESS-F	T-DIF-F	DEADW-F	SETL-F	NODAL-F	ELBND-F	WAVC-F
1	start	1	0	1,1	1,1	1,1	0	1,1	0

SOILCTL - Non-linear elastic soil iteration control

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [29-11-2024;occ.:1]

	MAXSIT	MERPTS	MERFLDS
1	20	0	0

GEOMCTL - Geometrically non-linear iteration control

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [29-11-2024;occ.:1]

	MAXGIT	RELDISEQ	ABSDISEQ	ROTINCR	REDISOVL
1	150	1E-05	1E-07	0,1	False

SOILNB - Neutral or real top soil load

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [22-5-2026;occ.:34]

	Identifier	NB1	UNCF1	LOADF1	NB2	UNCF2	LOADF2
		N/mm ²			N/mm ²		
1	start	0,078295	1,1	1			
2	GP1	0,07188	1,1	1			
3	GP2	0,012875	1,1	1			
4	WD1	0,064993	1,1	1	0,068532		
5	WD2	0,068532	1,1	1	0,06496		
6	WD3	0,041311	1,1	1	0,042311		
7	bk1s1	0,04466	1,1	1			
8	bk1s2	0,04466	1,1	1			
9	kv-1	0,049814	1,1	1			
10	bk1e1	0,086429	1,1	1			
11	bk1e2	0,097008	1,1	1	0,027847		
12	GP3	0,1185	1,1	1			
13	GP4	0,10436	1,1	1			
14	GP5	0,12682	1,1	1			
15	kv-2	0,13794	1,1	1			
16	GP6	0,14535	1,1	1			
17	GP7	0,12711	1,1	1			
18	GP8	0,17271	1,1	1			
19	GP9	0,11426	1,1	1			
20	GP10	0,11426	1,1	1			
21	GP11	0,18206	1,1	1			
22	GP12	0,18812	1,1	1			
23	GP13	0,13714	1,1	1			
24	GP14	0,14917	1,1	1			
25	GP15	0,16959	1,1	1			
26	GP16	0,12123	1,1	1			
27	GP17	0,11729	1,1	1			
28	kv-3	0,15731	1,1	1			
29	GP18	0,15684	1,1	1			
30	GP19	0,12627	1,1	1			
31	GP20	0,096838	1,1	1			
32	bk2s1	0,036878	1,1	1	0,099585		
33	bk2s2	0,089089	1,1	1			
34	kv-4	0,043825	1,1	1			
35	bk2e1	0,036428	1,1	1			
36	bk2e2	0,036428	1,1	1			
37	WD4	0,036428	1,1	1	0,036119		
38	kp-1s	0,036119	1,1	1	0,036556		
39	kp-1	0,036556	1,1	1			
40	kp-1e	0,036556	1,1	1	0,036119		
41	kp-2s	0,036119	1,1	1	0,036556		
42	kp-2	0,036556	1,1	1			
43	kp-2e	0,036513	1,1	1	0,036073		
44	end	0,031413	1,1	1			

TOPLOAD - Extra loads on top soil

Identifier	TOPLOAD1	LOADF1	TOPLOAD2	LOADF2
	N/mm ²		N/mm ²	
1 start	0,0069	1,35		

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [22-5-2026;occ.:6]

SUPANG - Soil support angle functions

Identifier	ANGMIN	ANGMAX	RVSL	RVSH	CURVE
	°	°	%	%	
1 start	70	180	50	100	Sinus
2 bk1e2	120	180	50	100	Sinus
3 bk2s1	70	180	50	100	Sinus

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [1-6-2026;occ.:2]

SECTION - Cross-sections to be calculated

Start Element	End Element	TOPLOAD	S-ALLOW
			N/mm ²
1	1	2465 Yes	
2	264	Yes	

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [22-5-2026;occ.:13]

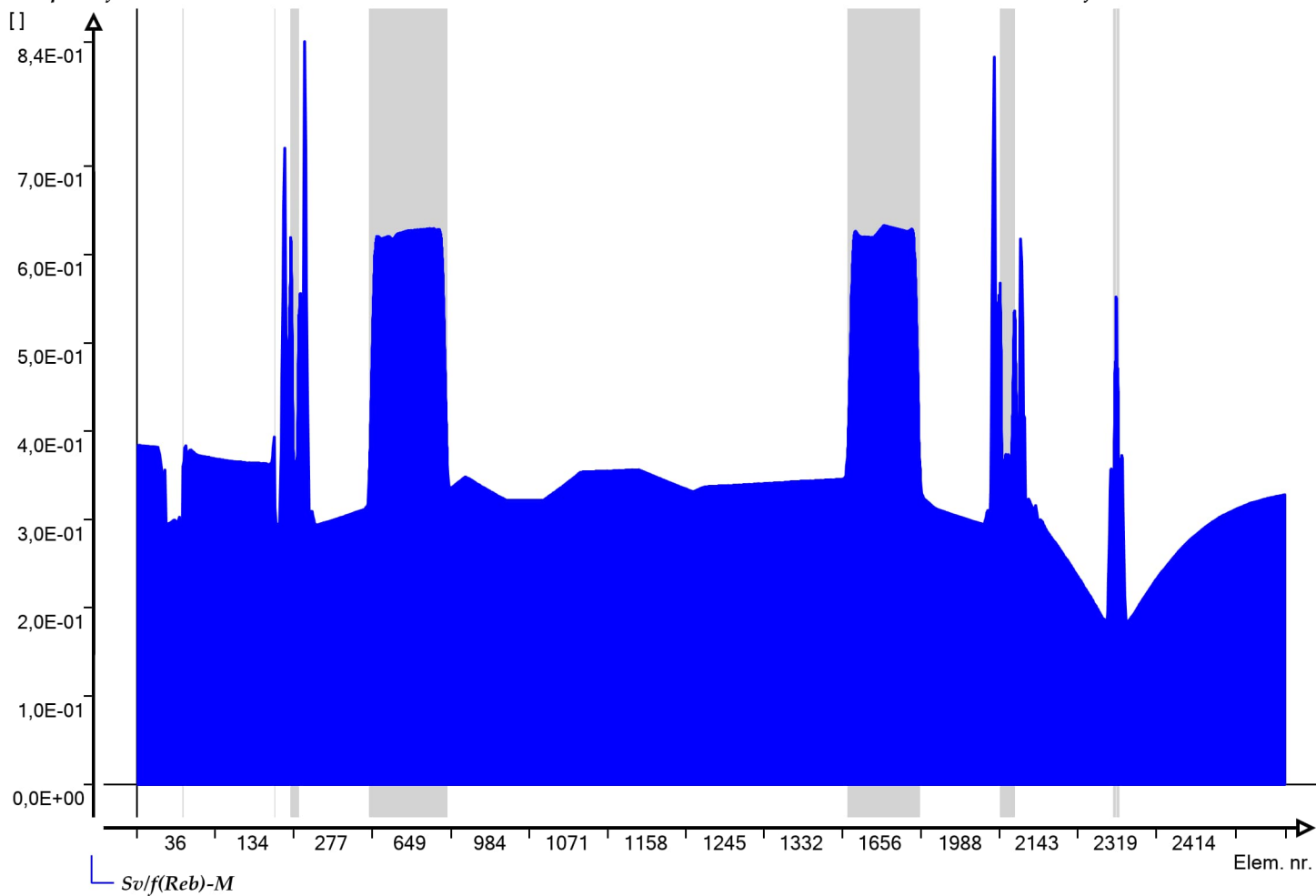
NOTICES - Project notices (errors, warnings & messages)

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ' [occ.:0]

DF	IDENT	MESSAGE
1 DF 2	I2-001	Project contains 2465 nodes.
2 DF 3.2	W32-008	Soil data has changed after running the soil wizard.
3 DF 3.2	W32-003	Extreme 'KLH' / ('KLT' or 'KLS') ratio.
4 DF 3.3	W33-005	'SLCURVE' ignored at infin node.
5 DF 5 (General/NEN)	I5-001	Element length > recommended length for elements 1 - 153, worst case factor is 4,14 at element 1.
6 DF 5 (General/NEN)	I5-001	Element length > recommended length for elements 262 - 336, worst case factor is 2,615 at element 33
7 DF 5 (General/NEN)	I5-001	Element length > recommended length for elements 937 - 1381, worst case factor is 3,214 at element 1
8 DF 5 (General/NEN)	I5-001	Element length > recommended length for elements 1936 - 2021, worst case factor is 2,878 at element
9 DF 5 (General/NEN)	I5-001	Element length > recommended length for elements 2180 - 2283, worst case factor is 1,791 at element
10 DF 5 (General/NEN)	I5-001	Element length > recommended length for elements 2373 - 2464, worst case factor is 3,561 at element
11 DF 5 (General/NEN)	W5-024	Element length > 4/3 of recommended length for elements 1 - 2464, worst case factor is 4,14 at elemen

Graphs of table 'NEN3650 maximum unit check stresses'

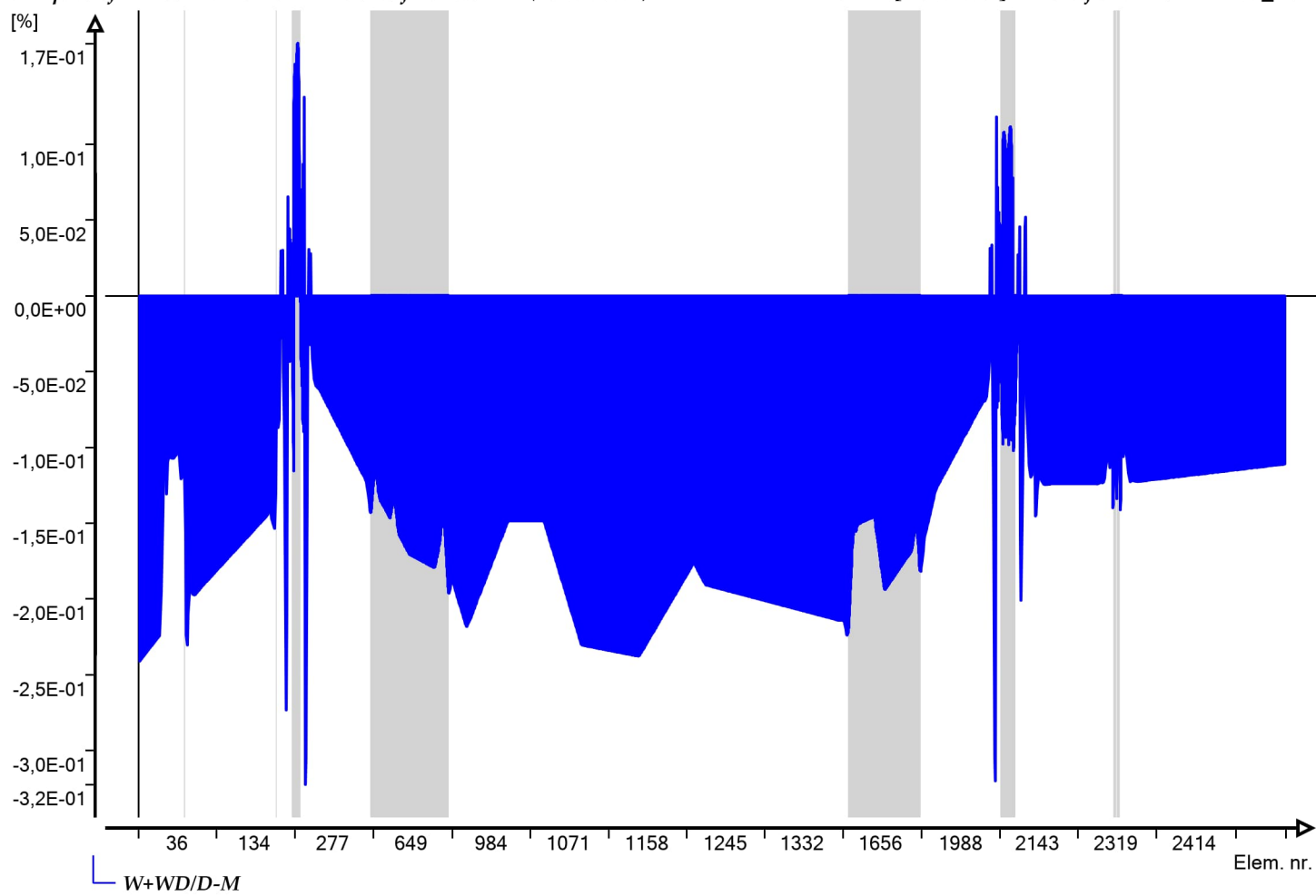
PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ'



	ELEM	Re	ReT	f(Reb)	Sp/0,91ReT-M	Sv:pm/Re-M	Sv/f(Reb)-M	S-IND
		N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²				
1	1	240	240	370,9			,384	
265	265	240	240	370,9			,841	
2352	2352	240	240	370,9			,158	

Graphs of table 'Maximum radial deformations (NEN 3650)'

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC3K_UZ'



	ELEM	WGROUN...	WBEN...	W+WD/...	WTOT...	R-...	RG/KL...	KL...	AX_BUCK...	EXT_PRES...	IMPL_P...	IMPL_M...	IMPL_COM...
		mm	mm	%	mm		mm	N/...	% critical	% critical	% allowa...	% allowa...	% allowable
1	1	-,27484		-,24	-,27484				,0		0	,0	0
174	174	-,03406	0	-,03	-,03406				,5		0	52,1	0
218	218	,18743	0	,17	,18743				,1		0	6,3	0
220	220	-,18768	0	,17	-,18768				,1		0	6,3	0
264	264	-,38536		-,32	-,38536				,9		0	62,6	0
265	265	-,35419		-,31	-,35419				2,5		0	88,6	0
1018	1018	-,16435		-,15	-,16435				,0		0	,0	0
2326	2326	-,15271		-,12	-,15271				3,4		0	66,2	0
2464	2464	-,12660		-,11	-,12660				,0		0	,0	0

PRESS - Internal overpressure

Identifier	PRESS1	PRESS2
	N/mm ²	N/mm ²
1 start	6,62	

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC4K_UZ' [8-5-2026;occ.:3]

TEMP - Temperature differences

Identifier	T-ABS1	T-REF1	T-ABS2	T-REF2
	°C	°C	°C	°C
1 start	5	50		

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC4K_UZ' [1-6-2026;occ.:16]

SETZ - Soil displacement in Z-direction

Identifier	SETZ1	UNCF1	SETZ2	UNCF2
	mm		mm	
1 bk1s1	0			
2 bk1s2	-30	1,5		
3 kv-1	-30	1,5		
4 bk1e1	-25	1,5		
5 bk1e2	0			
6 bk2s1	0			
7 bk2s2	-25	1,5		
8 kv-4	-30	1,5		
9 bk2e1	-30	1,5		
10 bk2e2	0			

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC4K_UZ' [22-5-2026;occ.:18]

LOCASE - Loading combinations

LC	GLOADF	PRESS-F	T-DIF-F	DEADW-F	SETL-F	NODAL-F	ELBND-F	WAVC-F
1 start	1	1,15	1,1	1,1	1,1	0	1,1	0

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC4K_UZ' [21-5-2026;occ.:17]

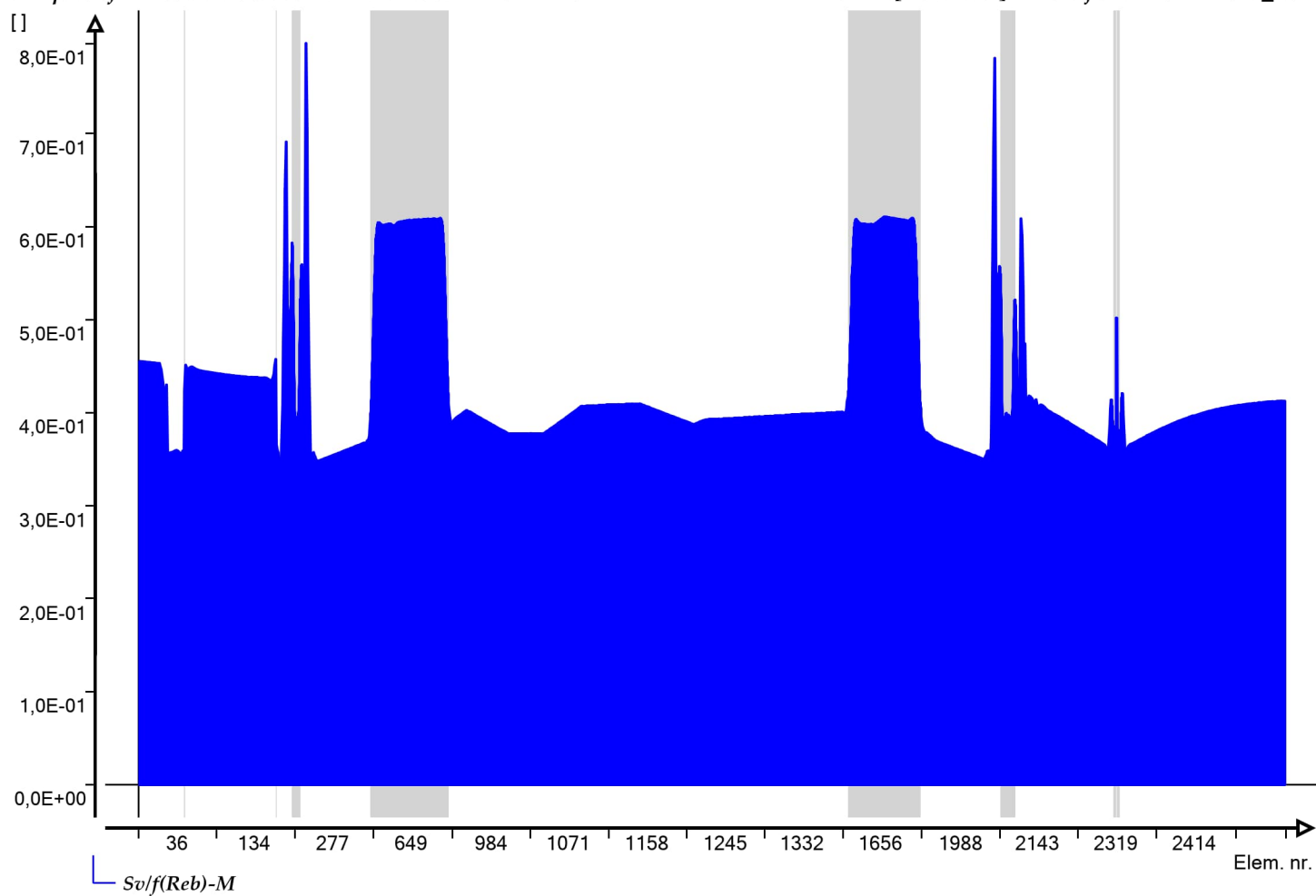
TOPLOAD - Extra loads on top soil

Identifier	TOPLOAD1	LOADF1	TOPLOAD2	LOADF2
	N/mm ²		N/mm ²	
1 start	0,0069	1,35		

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC4K_UZ' [22-5-2026;occ.:6]

Graphs of table 'NEN3650 maximum unit check stresses'

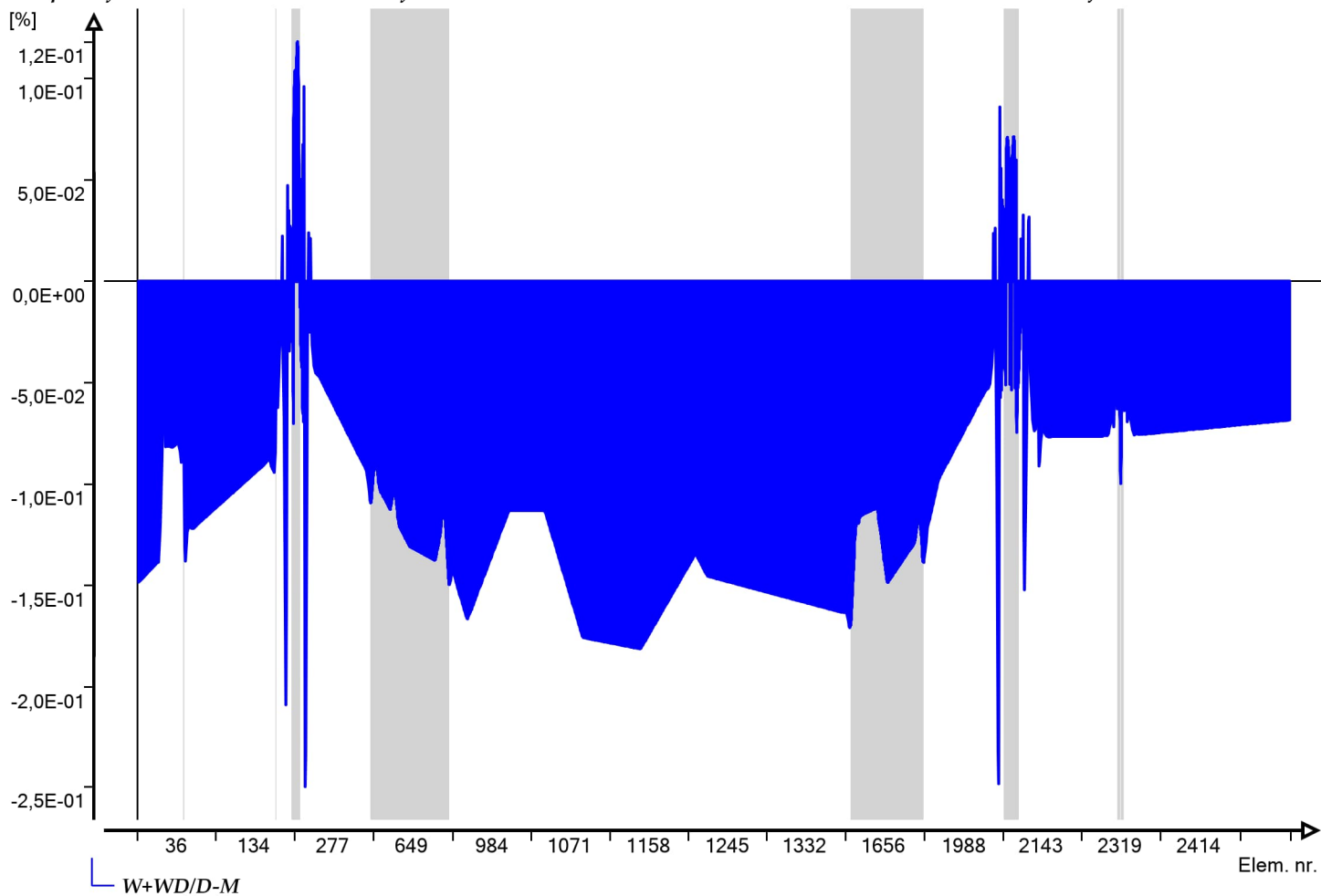
PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC4K_UZ'



	ELEM	Re	ReT	f(Reb)	Sp/0,91ReT-M	Sv:pm/Re-M	Sv/f(Reb)-M	S-IND
		N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²				
1	1	240	240	370,9	,735		,455	
265	265	240	240	370,9	,582		,796	
2304	2304	240	240	370,9	,504		,249	
2351	2351	240	240	370,9	,504		,244	

Graphs of table 'Maximum radial deformations (NEN 3650)'

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC4K_UZ'



	ELEM	WGROUN...	WBEN...	W+WD/...	WTOT...	R-...	RG/KL...	KL...	AX_BUCK...	EXT_PRES...	IMPL_P...	IMPL_M...	IMPL_COM...
		mm	mm	%	mm		mm	N/...	% critical	% critical	% allowa...	% allowa...	% allowable
1	1	-,17154		-,15	,22255				,0		0	,0	0
174	174	-,02645	0	-,02	,07653				,5		0	51,1	0
220	220	,13381	0	,12	,18450				,1		0	5,3	0
239	239	,01326	0	-,01	,06395				,1		0	37,4	0
264	264	-,30167		-,25	,31501				,0		0	62,5	0
265	265	-,27293		-,23	,30545				1,5		0	88,6	0
1018	1018	-,12550		-,11	,17429				,0		0	,0	0
2019	2019	-,29998		-,25	,31570				,0		0	62,8	0
2464	2464	-,07900		-,07	,13732				,0		0	,0	0

PRESS - Internal overpressure

	Identifier	PRESS1	PRESS2
		N/mm ²	N/mm ²
1	start	6,62	

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC4W_UZ' [8-5-2026;occ.:3]

TEMP - Temperature differences

	Identifier	T-ABS1	T-REF1	T-ABS2	T-REF2
		°C	°C	°C	°C
1	start	50	5		

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC4W_UZ' [22-5-2026;occ.:15]

SETZ - Soil displacement in Z-direction

	Identifier	SETZ1	UNCF1	SETZ2	UNCF2
		mm		mm	
1	bk1s1	0			
2	bk1s2	-30	1,5		
3	kv-1	-30	1,5		
4	bk1e1	-25	1,5		
5	bk1e2	0			
6	bk2s1	0			
7	bk2s2	-25	1,5		
8	kv-4	-30	1,5		
9	bk2e1	-30	1,5		
10	bk2e2	0			

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC4W_UZ' [22-5-2026;occ.:18]

LOCASE - Loading combinations

	LC	GLOADF	PRESS-F	T-DIF-F	DEADW-F	SETL-F	NODAL-F	ELBND-F	WAVC-F
1	start	1	1,15	1,1	1,1	1,1	0	1,1	0

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC4W_UZ' [21-5-2026;occ.:17]

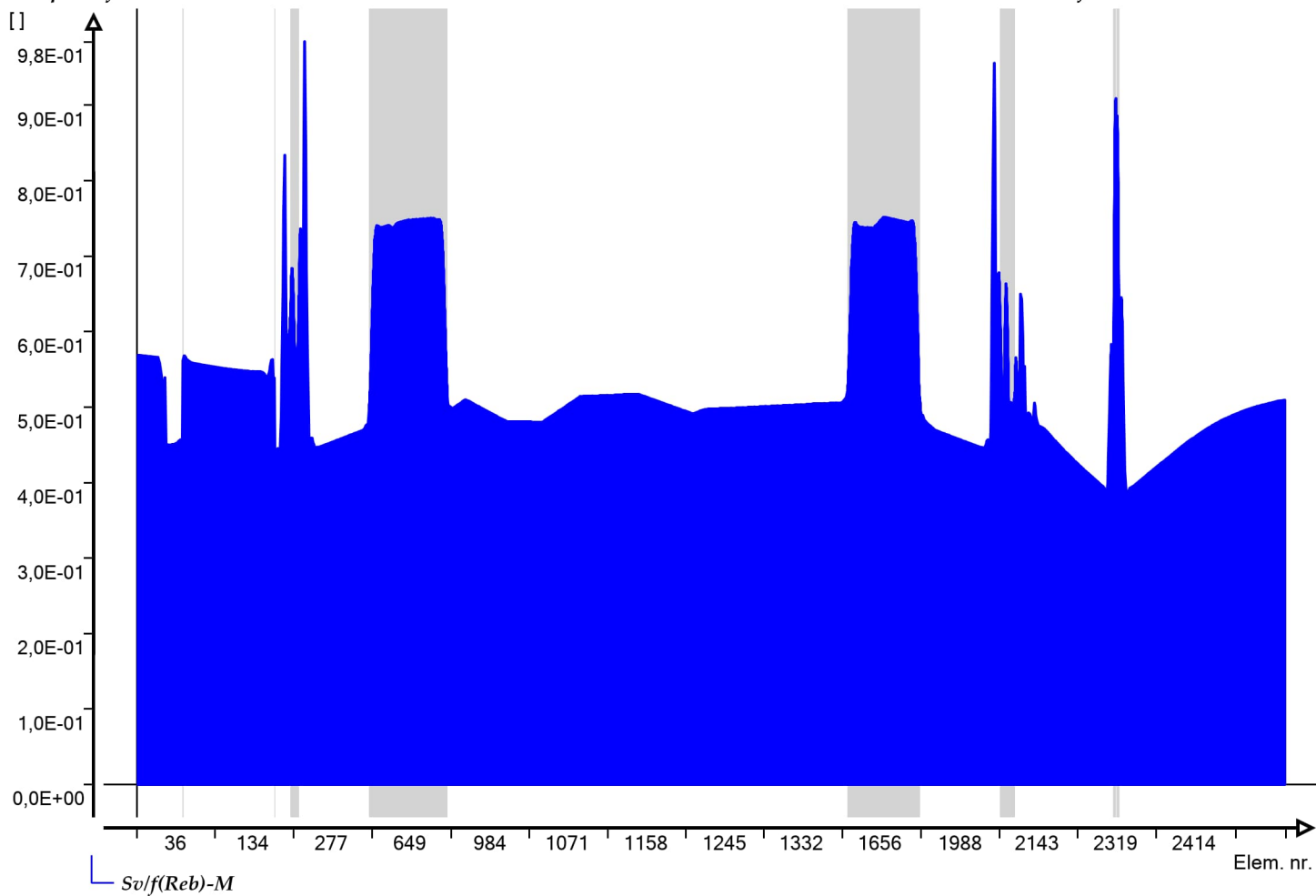
TOPLOAD - Extra loads on top soil

	Identifier	TOPLOAD1	LOADF1	TOPLOAD2	LOADF2
		N/mm ²		N/mm ²	
1	start	0,0069	1,35		

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC4W_UZ' [22-5-2026;occ.:6]

Graphs of table 'NEN3650 maximum unit check stresses'

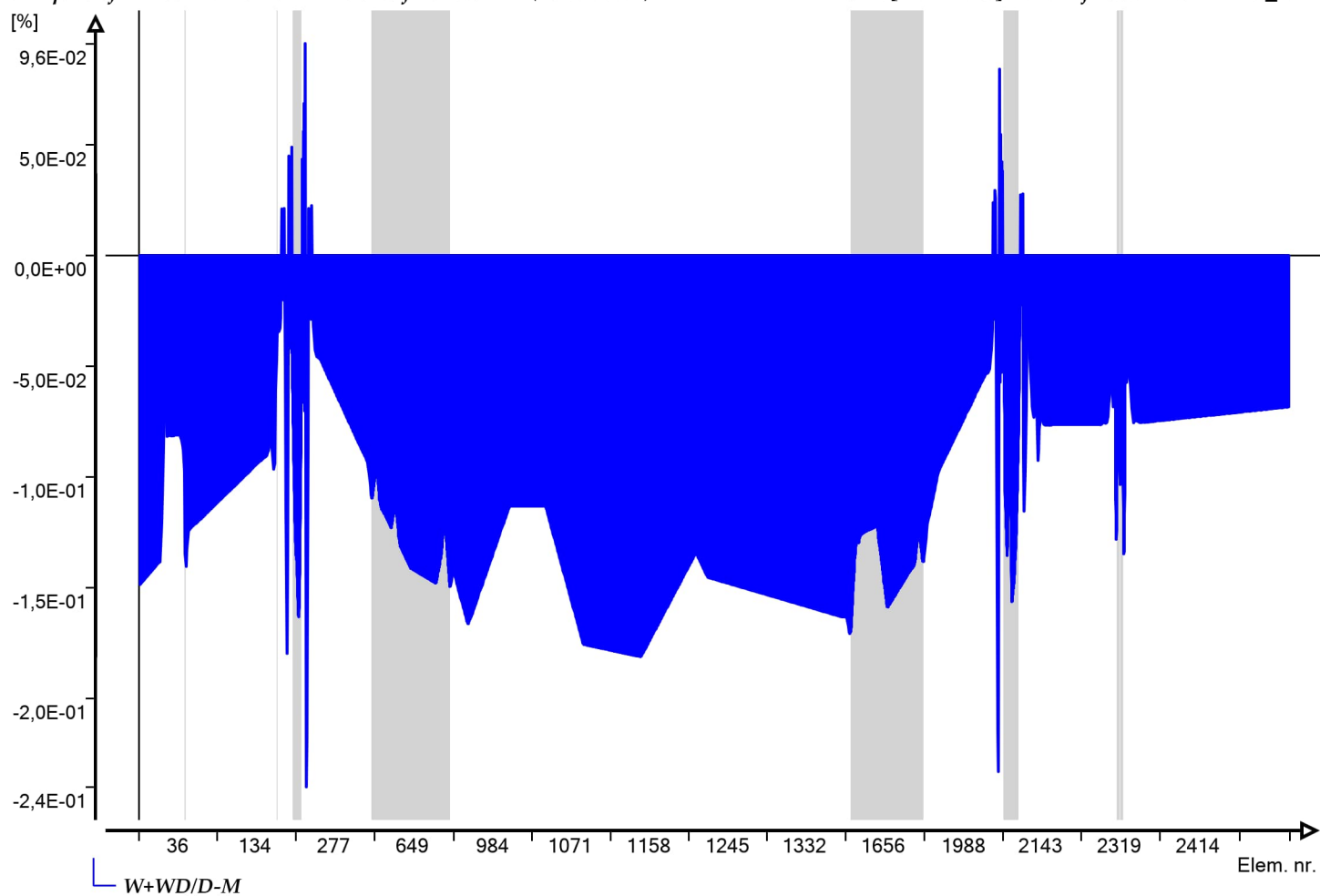
PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC4W_UZ'



	ELEM	Re	ReT	f(Reb)	Sp/0,91ReT-M	Sv:pm/Re-M	Sv/f(Reb)-M	S-IND
		N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²				
1	1	240	240	370,9	,735		,569	 
265	265	240	240	370,9	,582		,984	  
2339	2339	240	240	370,9	,504		,818	  
2352	2352	240	240	370,9	,504		,357	

Graphs of table 'Maximum radial deformations (NEN 3650)'

PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC4W_UZ'



RMAXNEN - Maximum radial deformations (NEN 3650) (start; L... PLE [25264956]: 'Stieltjeskanaal-BC4W_UZ' [1-6-2026;occ.:83]

	ELEM	WGROUN...	WBEN...	W+WD/...	WTOT...	R-...	RG/KL...	KL...	AX_BUCK...	EXT_PRES...	IMPL_P...	IMPL_M...	IMPL_COM...
		mm	mm	%	mm		mm	N/...	% critical	% critical	% allowa...	% allowa...	% allowable
1	1	-,171541		-,15	,22255				2,9		0	,0	0
142	142	,036235		-,03	,08692				2,3		0	5,0	0
146	146	-,023295		-,02	,07282				2,9		0	15,3	0
174	174	-,077218	0	-,07	,12305				4,3		0	38,0	0
263	263	-,109646		,10	,15539				3,0		0	14,1	0
264	264	-,290122		-,24	,30822				6,0		0	62,8	0
1027	1027	-,125496		-,11	,17429				2,2		0	,0	0
2326	2326	-,120104		-,10	,17407				8,3		0	111,1	0
2375	2375	-,066451		-,06	,12568				,0		0	,6	0

Bijlage B.1

Importantiefactoren waterkeringen

Importantiefactor van waterkeringen

B.1 Primaire waterkeringen en boezemwaterkeringen

De importantiefactor S van primaire waterkeringen en boezemwaterkeringen kan variëren van 1 tot 0,75 op grond van de grootte van het risico van levensgevaar en materiële schade.

Tabel B.1 — Personele risicofactoren

Factor	Risico van levensgevaar voor personen
A	Geen reëel levensgevaar
B	Levensgevaar voor enkele mensen
C	Levensgevaar voor veel mensen

Tabel B.2 — Materiële risicofactoren

Factor	Schade door inundatie	Schade aan de waterkering	Hinder scheepvaart	Verstoring waterhuishouding
D	Agrarisch gebied met weinig bebouwing	Waterkeringen langs kleine wateren, bijvoorbeeld binnenboezems	Geen	Gering
E	Klein stedelijk gebied of gebied met dorpsbebouwing, weinig industrie	Grote boezem- of kanaaldijken	Geringe of matige hinder	Enige stagnatie van wateraan- en -afvoer
F	Belangrijke bebouwing, veel industrie	Bijvoorbeeld primaire waterkering als schaaldijk, kade aan grote boezem zonder boezemscheidingen	Zeer belangrijke hinder	Ernstige verstoring bijvoorbeeld in verband met drinkwatervoorziening

Tabel B.3 — Bepaling importantiefactor S

Personele risicofactor	Materiële risicofactor		
	D	E	F
C	0,75	0,75	0,75
B	0,90	0,85	0,80
A	1,00	0,95	0,85

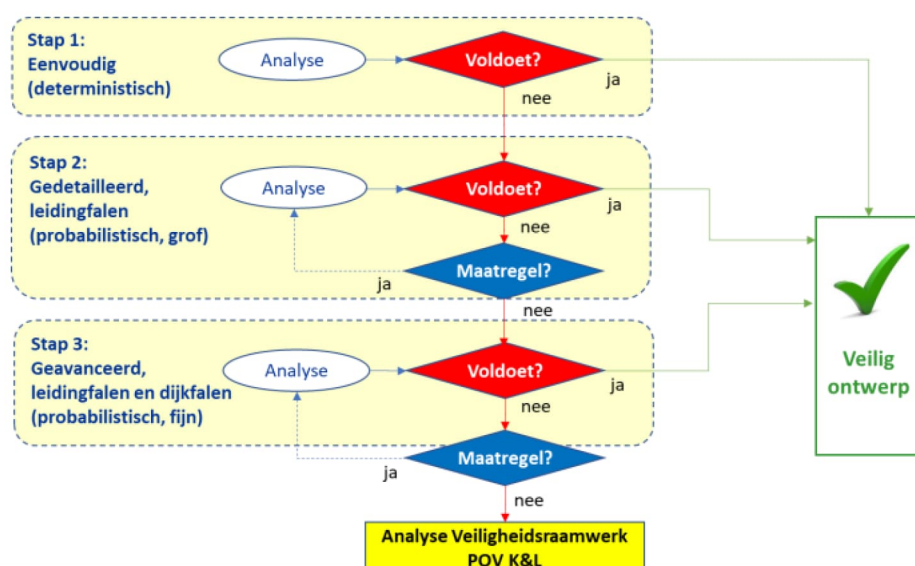
Bijlage B.2

Faalkansanalyse

Faalkans analyse kering als gevolg van leidingfalen

Voor het kruisen van een leiding met een regionale waterkering, is in 2023 het 'Handelingsperspectief voor kruisende gastransportleidingen in regionale waterkeringen' ontwikkeld. Hierin wordt met een stappenplan beoordeeld of een leidingkruising voldoet aan de faalkanseisen op basis van overstromingskansen. Deze methodes zijn gebaseerd op de systematiek van het Veiligheidsraamwerk POV K&L [POV-KL, 2020a], dat in de praktijk is toegepast voor een aantal dijkversterkingsprojecten bij primaire waterkeringen. Het Handelingsperspectief vormt een generieke vertaling van de toepassing van de innovatieve rekenmethodiek in de praktijkcasus Tussenklappenpolder [WSHA, 2023] en heeft geresulteerd in een versimpelde uitwerking. Gemeld wordt dat deze rekenmethodiek landelijk kan worden toegepast.

Om te kunnen beoordelen of een leidingkruising in een dijkontwerp voldoet aan de veiligheidseisen worden achtereenvolgens de volgende stappen van het onderstaande schema doorlopen.



Figuur 3.1: Stappenplan voor werken van grof naar fijn bij analyses van leidingfalen en dijkfalen

In deze analyse wordt direct uitgegaan van stap 3, er wordt een geavanceerde analyse gedaan. Deze stap, die in de POV K&L¹ 'Probabilistisch (grof en verfijnd)' wordt genoemd, is gebaseerd op integrale faalkansanalyses op basis van scenario's, faalpaden en gebeurtenissenbomen.

Het Handelingsperspectief beschouwt leidingfalen in combinatie met het falen van de kering als een faalmechanisme dat direct tot een overstroming kan leiden. In de POV K&L¹ is dit benoemd als Optie 1: Falen NWO (Niet Waterkerend Object) als direct faalmechanisme. Dit uitgangspunt biedt de mogelijkheid om een faalkanseis te kunnen afleiden voor de combinatie van het falen van een leiding (NWO) en een dijk voor een regionale waterkering (binnen de beschikbare faalkansruimte waar de NWO's onder vallen). De faalkansverdeling van diverse faalmechanismen van de kering kunnen dan buiten beschouwing worden gelaten.

¹ Zie POV-KL, 2020 d.d. 3-12-2020

In deze faalkansanalyse (leidingkruising A-605-01 met de keringen Stieltjeskanaal en Dommerskanaal) is ervoor gekozen om direct Optie 1 toe te passen conform de nadere analyse van het Veiligheidsraamwerk K&L.

Om te bepalen of een leiding voldoet aan de faalkanseisen op basis van overstromingskansen wordt getoetst op de ratio tussen de faalkans van de leiding en de beschikbare faalkansruimte voor de leiding. De toetsing is als volgt:

- A. Faalkans leiding < faalkansruimte kruisende leiding in scenario dat direct tot overstroming leidt

In deze vergelijking wordt de faalkans gedefinieerd als de kans dat de leiding binnen de veiligheidszone faalt, waarbij dit falen leidt tot een overstroming. Deze faalkans wordt berekend met behulp van beschikbare informatie over faalfrequenties van leidingen en waterstanden van de kruisende keringen.

De faalkansruimte is de toelaatbare kans die de leiding mag hebben om te falen met een overstroming tot gevolg. Deze kans wordt bepaald door de beheerder van de kering.

Faalkansruimte

Het bepalen van de faalkansruimte voor een individuele leidingkruising verloopt via twee stappen. Eerst wordt de totale faalkans voor het falen van een waterkering bepaald. De trajectnorm is bepaald door de beheerder van de kering. Voor het Stieltjeskanaal en het Dommerskanaal is deze waarde gesteld op 1/100 jaar (eens in de honderd jaar een overstroming door het falen van de waterkering). Deze faalkans moet alle mogelijke oorzaken van waterkering falen omvatten, en is dus niet gelimiteerd tot het falen vanwege leidingbreuken. In het handelingsperspectief wordt aangenomen dat 2% van de totale faalkans beschikbaar is voor het falen door leidinglek/-breuk. In de tweede stap moet het aantal leidingkruisingen met de waterkering in beschouwing worden genomen. De beschikbare faalkansruimte moet worden gedeeld door deze kruisingen. Het POV K&L¹ schrijft voor dat hier over het algemeen 10 voor kan worden aangenomen². De beschikbare faalkansruimte per kruisende leiding kan dan worden berekend met de volgende formule;

$$P_{\text{eis,KR,PL}} = \frac{0,02 \cdot P_{\text{max}}}{N_{\text{EQ,KR,PL}}}$$

Waarin:

$P_{\text{eis,KR,PL}}$	Faalkansruimte kruisende leidingen
P_{max}	Trajectnorm (per jaar) (vastgesteld door waterkeringbeheerder)
$N_{\text{EQ,KR,PL}}$	Equivalent aantal kruisende leidingen ²

Voor de kruising van de A-605-01 met het Stieltjeskanaal en het Dommerskanaal resulteert dit in de volgende faalkansruimte:

- $P_{\text{eis,KR,PL}} = 2,00 \cdot 10^{-5} / \text{jr}$

² Equivalent aantal kruisende leidingen $N_{\text{EQ,KR,PL}} = 10$ bij totaal aantal kruisende leidingen $N_{\text{TOT,KR-PL}} \leq 100$ (bij $N_{\text{TOT,KR,PL}} > 100$ is heroverweging van $N_{\text{EQ,KR,PL}}$ nodig)

Faalkans leidingkruising

Om de kans op overstroming als gevolg van een leidingfalen te berekenen dient eerst de faalkans van een leiding bepaald te worden. Hierbij wordt de volledige lengte van de kruising inclusief de veiligheidszone van de kruising meegenomen. Voor deze lengte wordt de faalkans bepaald. Voor de kruising van het Stieltjeskanaal en het Dommerskanaal inclusief veiligheidszones is deze lengte gesteld op 346 m.

Voor ondergrondse leidingen kan de faalkans worden bepaald middels bekende faalfrequenties gemeld door EGIG³. Deze frequenties zijn opgesteld uit data van ondergrondse leidingen in Europa tussen 1970 en 2022, en worden gegeven in de faalfrequentie per 1000 km leiding per jaar. Onderstaande tabel geeft de primaire faalfrequenties.

Cause	Primary Failure frequency per cause			
	1970-2022 per 1000 km·y	2003-2022 per 1000 km·y	2013-2022 per 1000 km·y	2018-2022 per 1000 km·y
External interference	0,125	0,044	0,027	0,020
Corrosion	0,049	0,033	0,030	0,035
Construction defect / Material failure	0,046	0,022	0,021	0,016
Hot tap made by error	0,012	0,003	0,001	0,000
Ground movement	0,025	0,021	0,023	0,016
Other and unknown	0,021	0,015	0,017	0,012

Tabel 1.1 EGIG faalfrequenties³

In de berekeningen worden dikgedrukte faalfrequenties gebruikt. In het algemeen wordt de grootste waarde genomen, dit levert de meest conservatieve benadering.

Voor 'External interference' wordt de waarde gebaseerd op data uit 2018 - 2022. Dit omdat uit recente data juist de invloed van de toegenomen wet- er regelgeving en mogelijk ook bewustwording merkbaar is, waarbij de Nederlandse wetgeving omtrent grondroeren en de beschikbare kabel- en leidinginformatie aangenomen kan worden dat externe beïnvloeding ook in Europees kader als een minder groot risico kan worden geschat. Ditzelfde geldt ook voor de faaloorzaak 'hot tap made by error'.

De totale faalkans voor een leiding wordt berekend door een sommatie van de aangewezen faalfrequenties, waarmee een faalkans per 1000 km per jaar F_F wordt gevonden. Door dit om te rekenen naar de faalkans per m/jaar en dit te vermenigvuldigen met de kruisingslengte kan de faalkans voor de leiding in de kruisingssectie F_L worden berekend.

Aangezien eerder genoemde faalfrequenties bepaald zijn met leidingen in veldstrekkingen, kan er, volgens de handleiding Risicoberekeningen Bevb [RIVM, 2020] een correctiefactor worden toegepast op de faalkans F_L om de faalkans voor een leiding in een waterkering te bepalen. Tabel 3.8 uit het POV K&L geeft een overzicht van de mitigerende maatregelen ter voorkoming van beschadiging door derden. Afhankelijk van deze maatregelen kunnen correctiewaarden worden toegepast, waarbij er zeven clusters zijn waaruit correctiefactoren kunnen worden bepaald.

Op basis van 'Cluster 1: Regelgeving en casuïstiek', wordt op basis van subclusters een correctiefactor bepaald voor Gasunie-leidingen. De subclusters met bijbehorende subcorrectiefactoren zijn als volgt:

- A. de Grondroerdersregeling - WIBON-wetgeving: 0,4

- B. Casuïstiek: 0,357
- C. Actief rappel: 0,833

De vermenigvuldiging levert de correctiefactor van Cluster 1: 0,11895.

Op basis van 'Cluster 3: Beheermaatregelen', wordt op basis van het subcluster 'Overeenkomst graven/boren verboden' de volgende correctiefactor gevonden: 0,1.

De totale correctiefactor op basis van bovengenoemde Clusters 1 en 3 levert een totale correctiefactor op van 0,011895.

Deze factor kan worden vermenigvuldigd met de faalkans F_L om de totale faalkans van de kruisende leiding te berekenen. Voor het Stieltjes- en Dommerskanaal wordt de faalkans per jaar met correctie als volgt berekend:

- $F_L = 5,57 \cdot 10^{-5} \cdot 0,011895 = 6,63 \cdot 10^{-7}/\text{jaar}.$

Vervolgens moet de kans op overstroming door leidingfalen worden bepaald. Hiervoor wordt gekeken naar de periode dat het waterpeil bij de waterkeringen hoger is dan het naastgelegen maaiveld. Het falen van een waterkering zou in dat geval leiden tot een overstroming. Om het waterpeil te bepalen worden metingen uit de peilenkaart gebruikt. In het Stieltjes- en Dommerskanaal staat het waterpeil altijd hoger dan het maaiveld. Dit betekent dat bij falen van de kruisende leiding, er 100% kans is op een overstroming.

- $P = 1$

De totale kans op het falen van een kruisende leiding terwijl het waterpeil op kritieke hoogte staat kan worden berekend door beide kansen (F_L en P) met elkaar te vermenigvuldigen. De totale kans op het falen van de leidingkruising met het Stieltjeskanaal en het Dommerskanaal met overstroming tot gevolg komt hiermee uit op

- $F_{tot} = P \cdot F_L = 6,63 \cdot 10^{-7}/\text{jr}$

Conclusie

Om aan de veiligheidseisen te voldoen dient de kans op leidingfalen met een overstroming tot gevolg kleiner te zijn dan de beschikbare faalkansruimte. Voor de kruising van de A-605-01 met het Stieltjeskanaal en het Dommerskanaal is de faalkans berekend als:

- $F_{tot} = 6,63 \cdot 10^{-7} / \text{jr}$

en de faalkansruimte is

- $P_{\text{eis,KR,PL}} = 2,00 \cdot 10^{-5} / \text{jr}$

Omdat $F_{tot} < P_{\text{eis,KR,PL}}$ wordt aan de veiligheidseisen voldaan.

