



Werknummer : 15630

Sonderingnr. : 20

Conus : 091110

Conustype : SUB-15

Sondering volgens NEN 5140 klasse 2

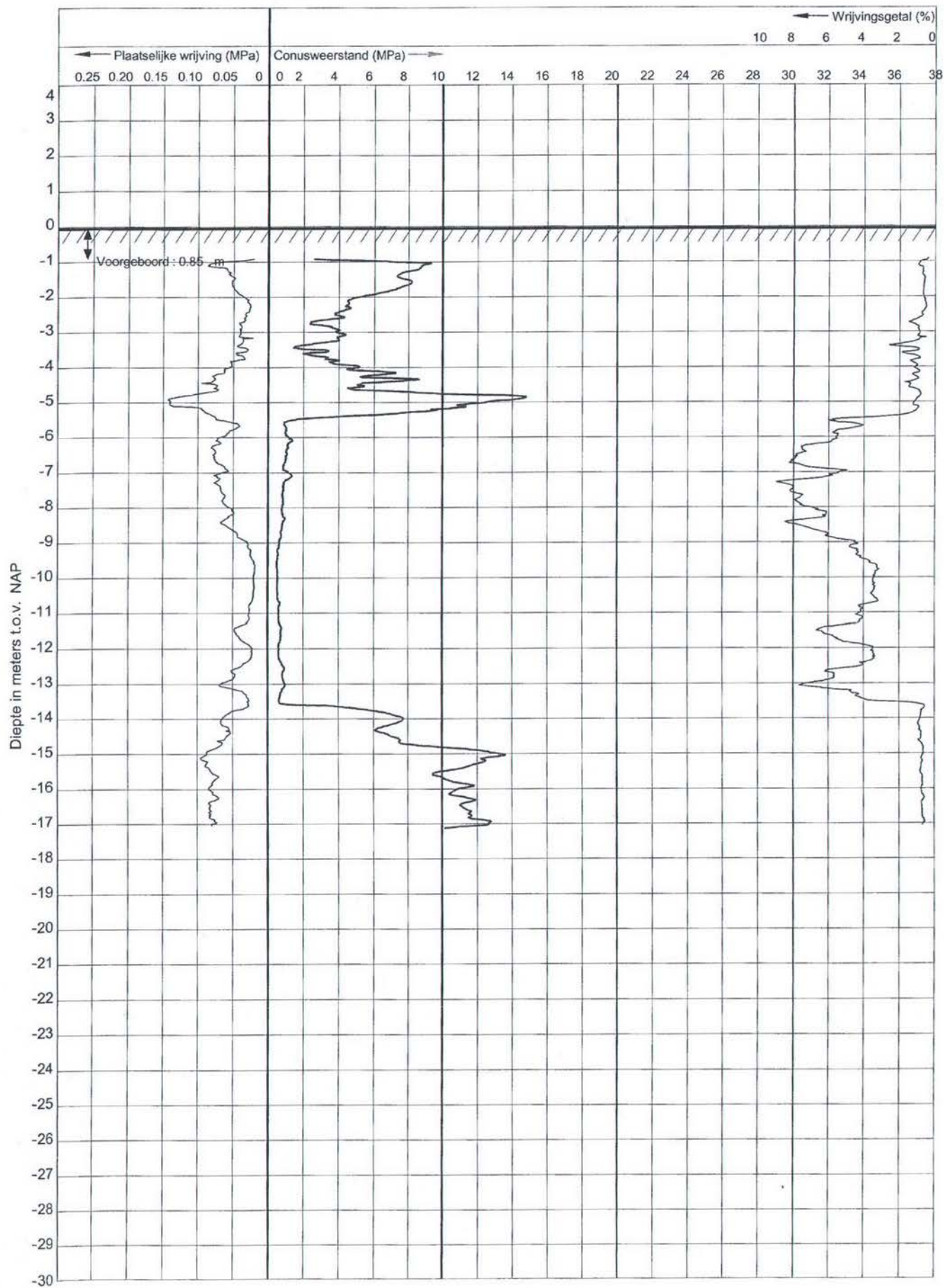
Plaats : Dordrecht

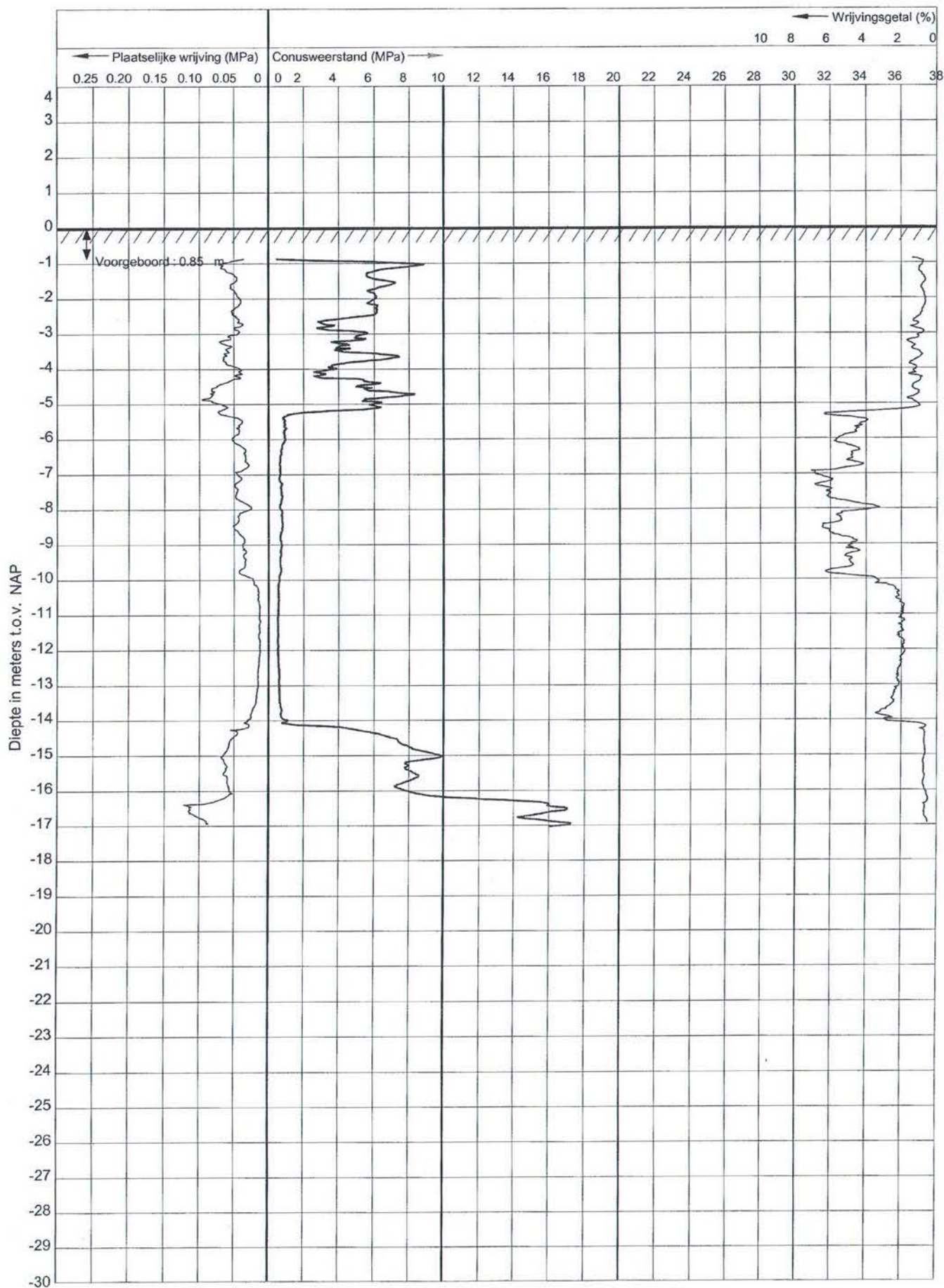
Straat : Mijlweg

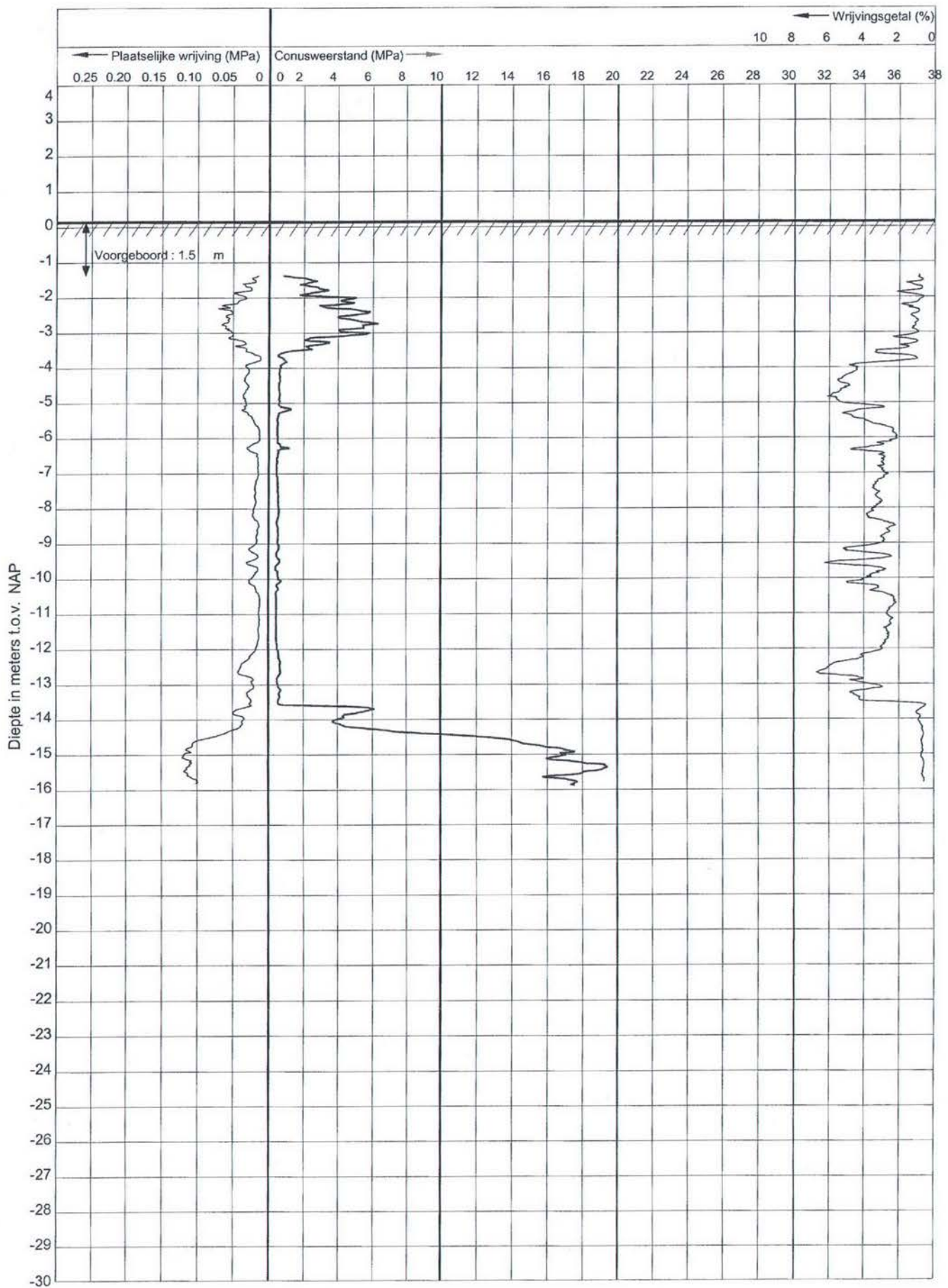
Datum : 23-2-2010

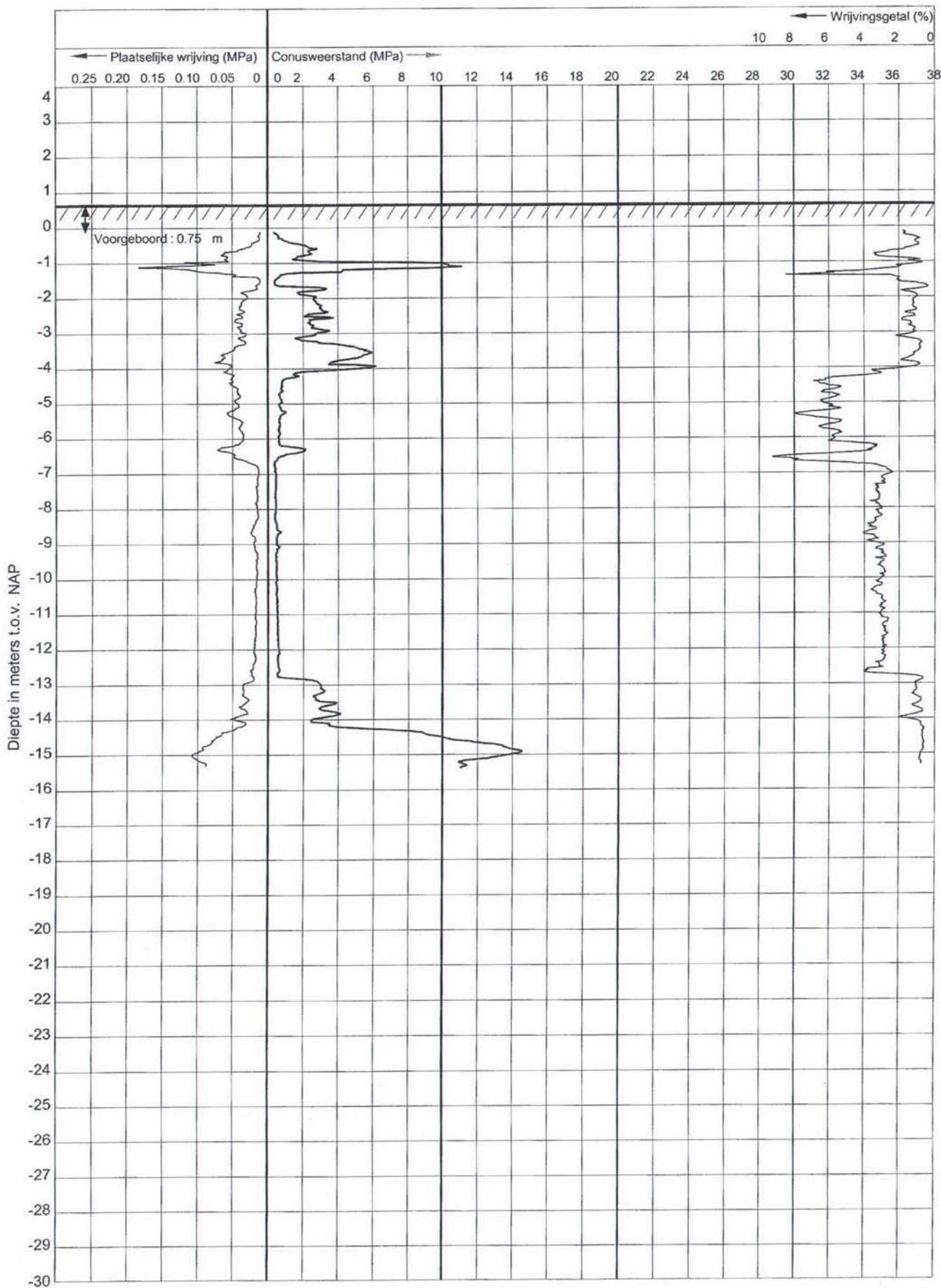
Maaiveld : -0.09 m. t.o.v. NAP

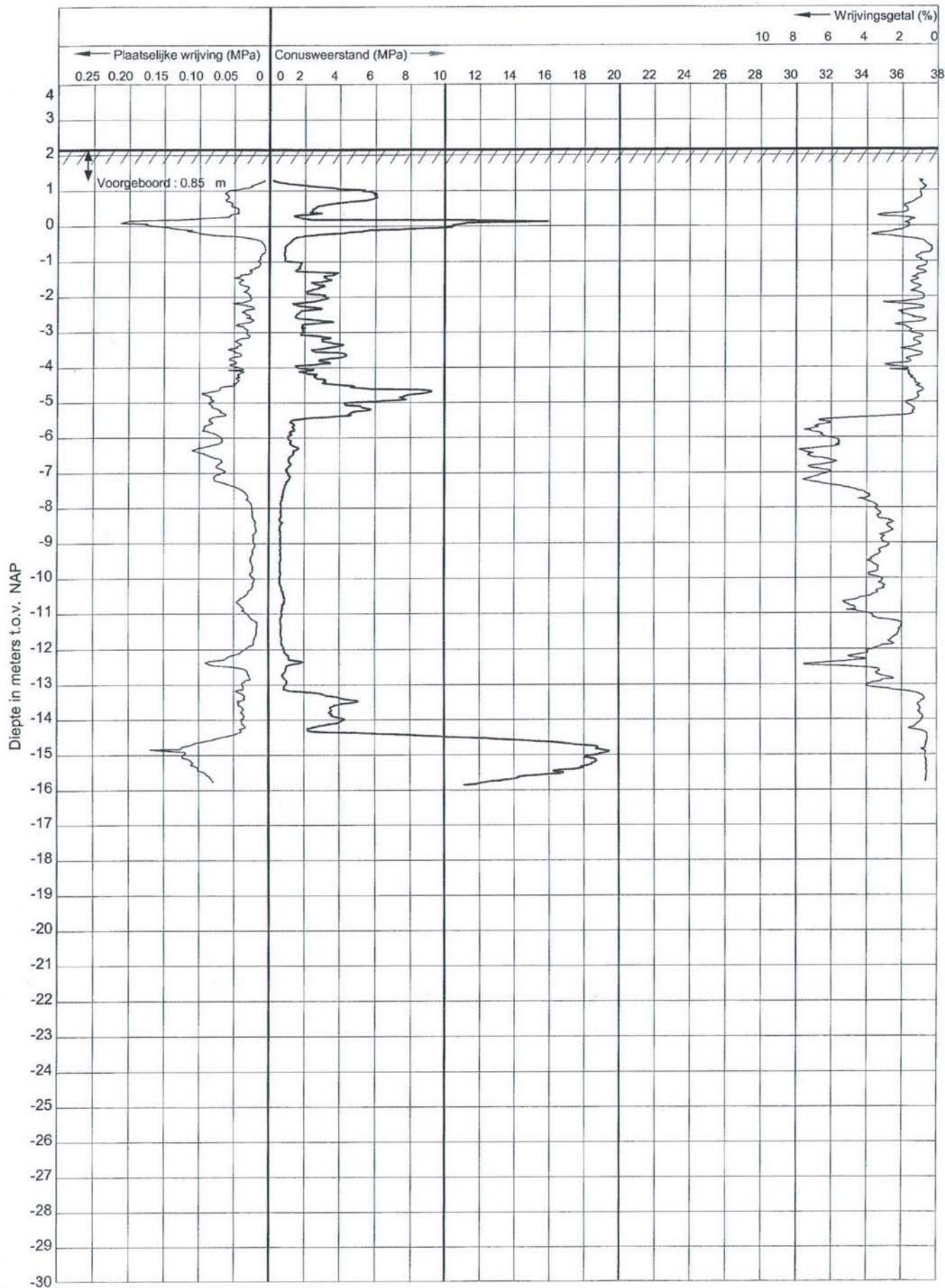
Opdrachtgever : Wareco Ingenieurs BV







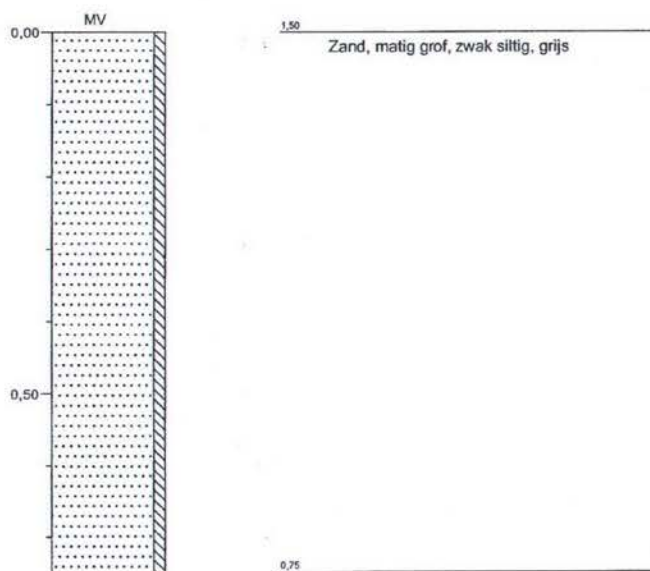




Voorboring bij sondering: 01

Uitvoeringsdatum: 22-02-2010

GWS: cm-mv Maaiveldhoogte: 1,5 m t.o.v. N.A.P.



Schaal 1: 10

Locatie: Mijlweg - Dordrecht

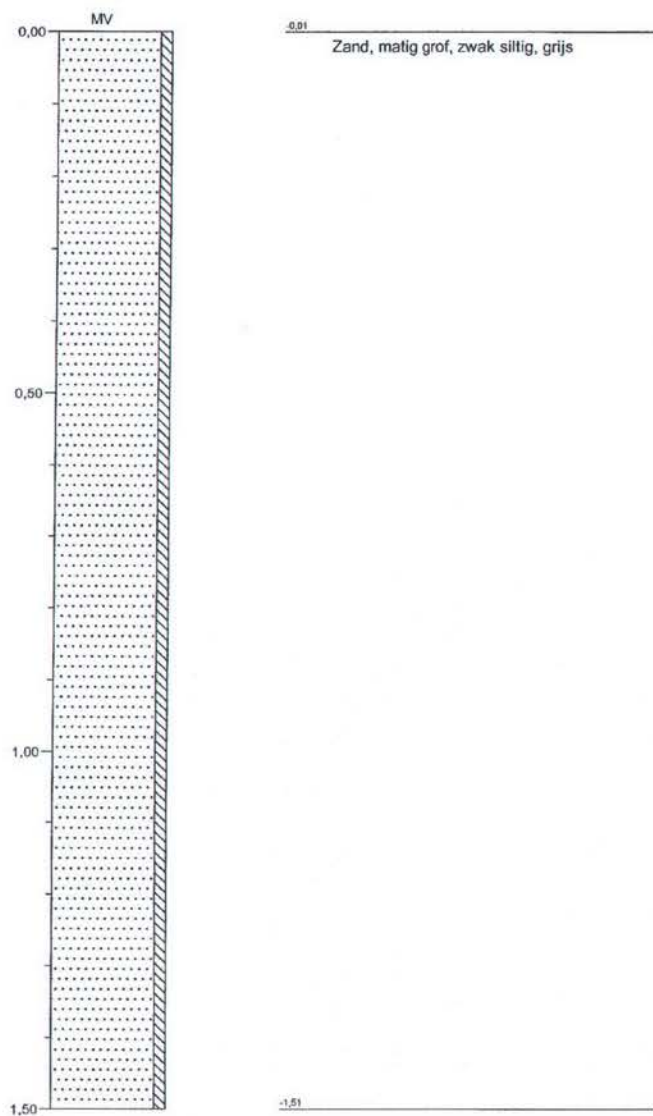
Werknummer: 10.15630 Opdrachtgever: Wareco Ingenieurs

getekend volgens NEN 5104

Voorboring bij sondering: 03

Uitvoeringsdatum: 22-02-2010

GWS: cm-mv Maaiveldhoogte: -0,01 m t.o.v. N.A.P.



Schaal 1: 10

Locatie: Mijlweg - Dordrecht

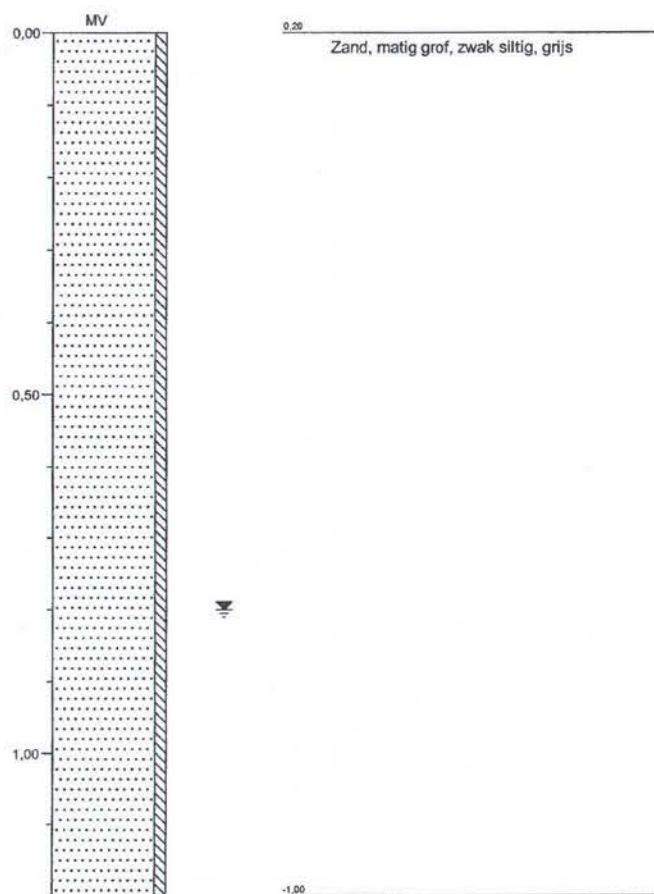
Werknummer: 10.15630 Opdrachtgever: Wareco Ingenieurs

getekend volgens NEN 5104

Voorboring bij sondering: 06

Uitvoeringsdatum: 22-02-2010

GWS: 80 cm-mv Maaiveldhoogte: 0,2 m t.o.v. N.A.P.



Schaal 1: 10

Locatie: Mijlweg - Dordrecht

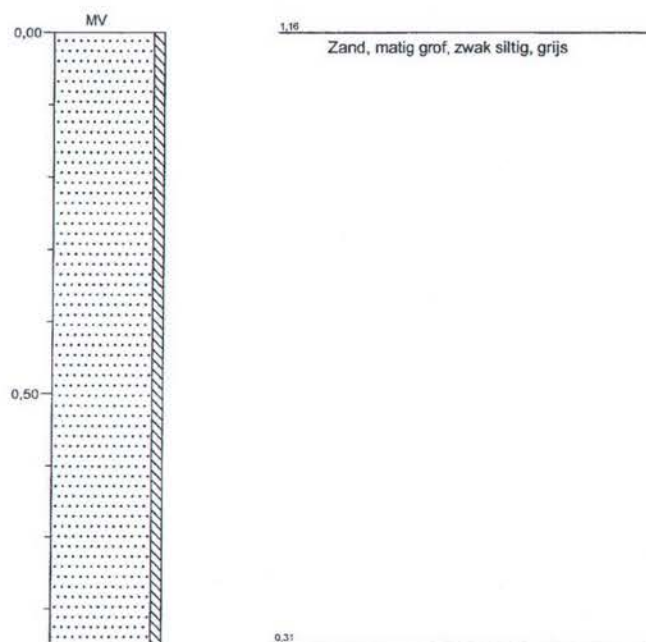
Werknummer: 10.15630 Opdrachtgever: Wareco Ingenieurs

getekend volgens NEN 5104

Voorboring bij sondering: 07

Uitvoeringsdatum: 22-02-2010

GWS: cm-mv Maaiveldhoogte: 1,16 m t.o.v. N.A.P.



Schaal 1: 10

Locatie: Mijlweg - Dordrecht

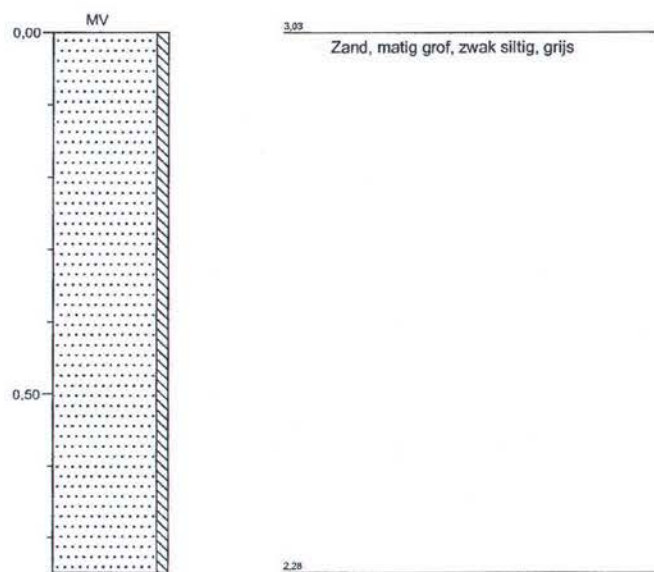
Werknummer: 10.15630 Opdrachtgever: Wareco Ingenieurs

getekend volgens NEN 5104

Voorboring bij sondering: 08

Uitvoeringsdatum: 22-02-2010

GWS: cm-mv Maaiveldhoogte: 3,03 m t.o.v. N.A.P.



Schaal 1: 10

Locatie: Mijlweg - Dordrecht

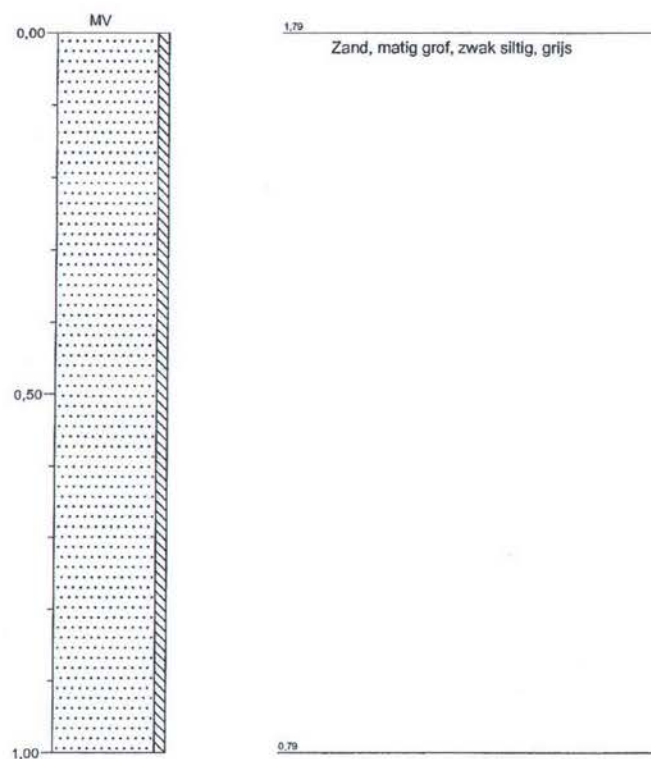
Werknummer: 10.15630 Opdrachtgever: Wareco Ingenieurs

getekend volgens NEN 5104

Voorboring bij sondering: 17

Uitvoeringsdatum: 22-02-2010

GWS: cm-mv Maaiveldhoogte: 1,79 m t.o.v. N.A.P.



Schaal 1: 10

Locatie: Mijlweg - Dordrecht

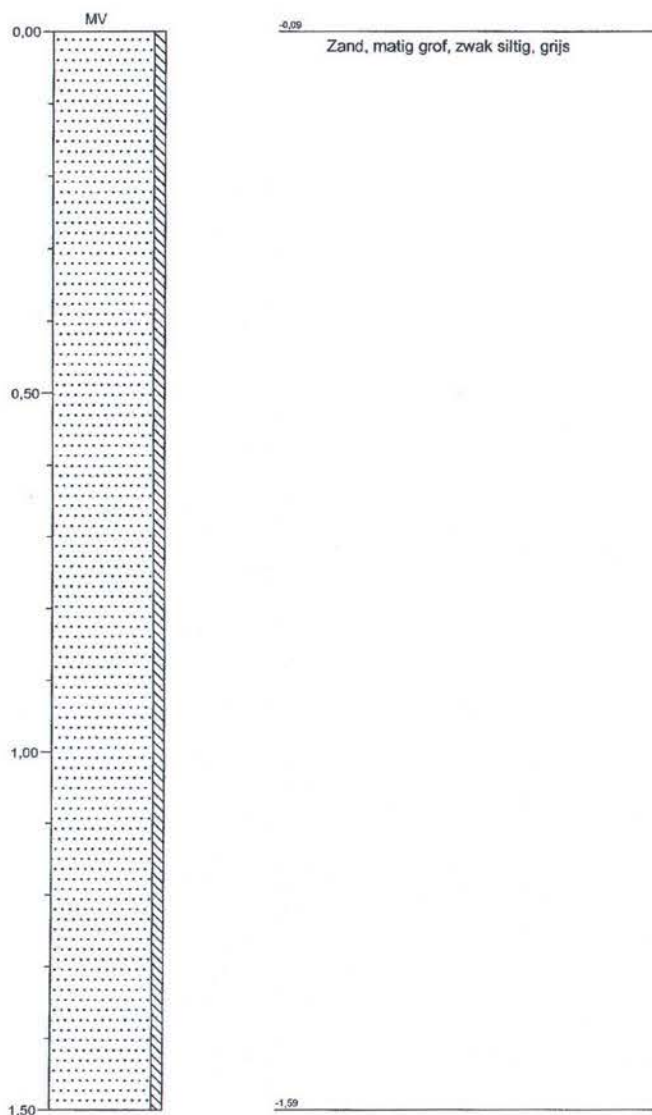
Werknummer: 10.15630 Opdrachtgever: Wareco Ingenieurs

getekend volgens NEN 5104

Voorboring bij sondering: 20

Uitvoeringsdatum: 22-02-2010

GWS: cm-mv Maaiveldhoogte: -0,09 m t.o.v. N.A.P.



Schaal 1: 10

Locatie: Mijlweg - Dordrecht

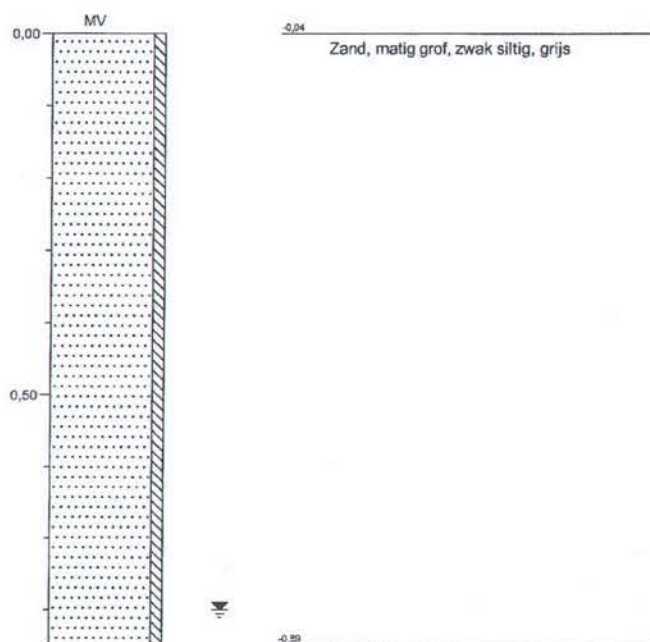
Werknummer: 10.15630 Opdrachtgever: Wareco Ingenieurs

getekend volgens NEN 5104

Voorboring bij sondering: 21

Uitvoeringsdatum: 22-02-2010

GWS: 80 cm-mv Maaiveldhoogte: -0,04 m t.o.v. N.A.P.



Schaal 1: 10

Locatie: Mijlweg - Dordrecht

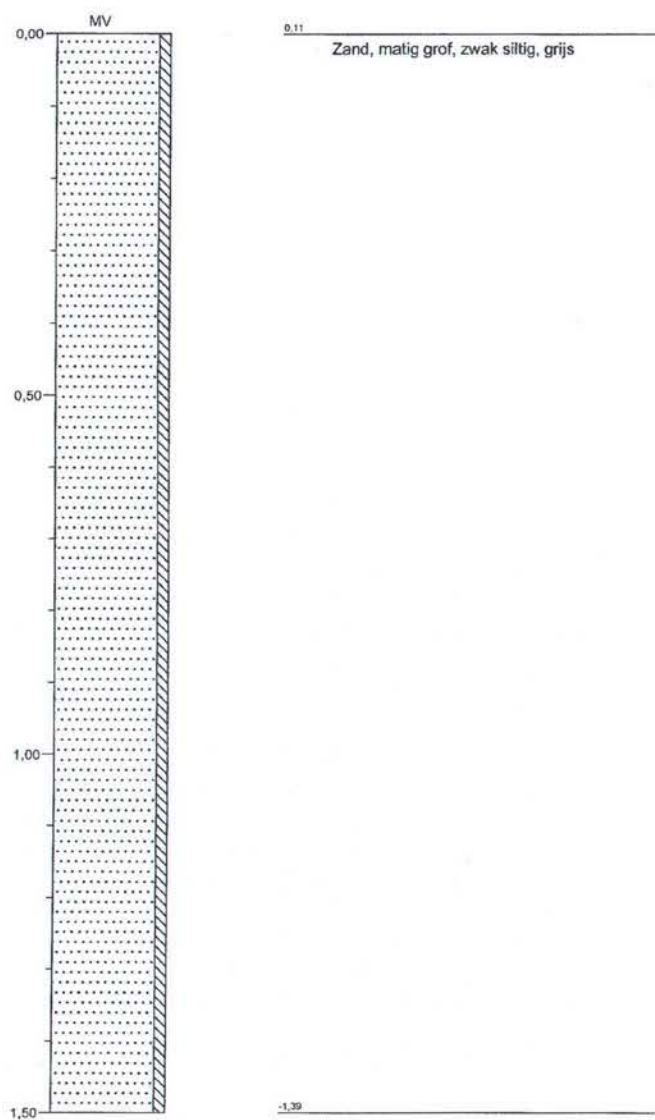
Werknummer: 10.15630 Opdrachtgever: Wareco Ingenieurs

getekend volgens NEN 5104

Voorboring bij sondering: 22

Uitvoeringsdatum: 22-02-2010

GWS: cm-mv Maaiveldhoogte: 0,11 m t.o.v. N.A.P.



Schaal 1: 10

Locatie: Mijlweg - Dordrecht

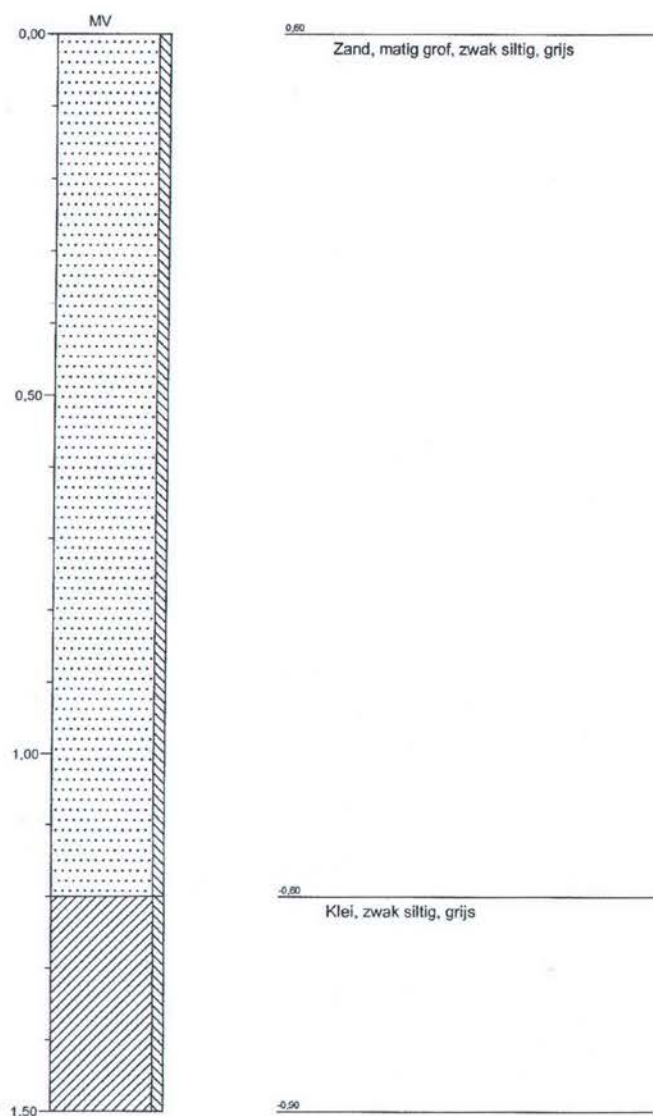
Werknummer: 10.15630 Opdrachtgever: Wareco Ingenieurs

getekend volgens NEN 5104

Voorboring bij sondering: 23

Uitvoeringsdatum: 22-02-2010

GWS: cm-mv Maaiveldhoogte: 0,6 m t.o.v. N.A.P.



Schaal 1: 10

Locatie: Mijlweg - Dordrecht

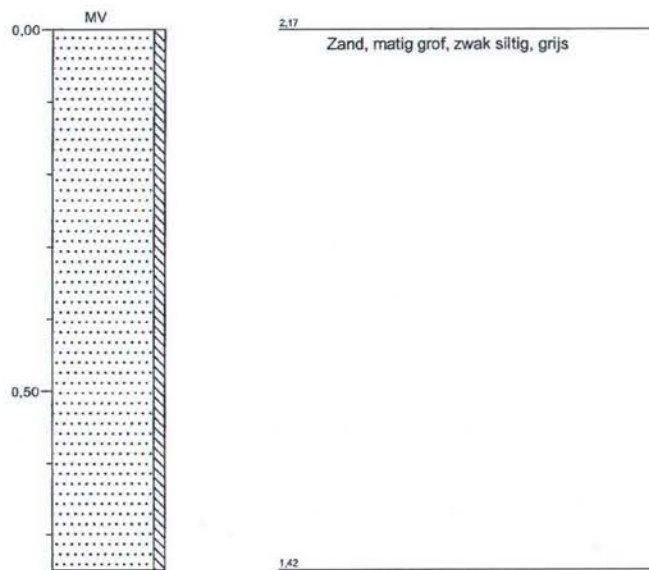
Werknummer: 10.15630 Opdrachtgever: Wareco Ingenieurs

getekend volgens NEN 5104

Voorboring bij sondering: 24

Uitvoeringsdatum: 22-02-2010

GWS: cm-mv Maaiveldhoogte: 2,17 m t.o.v. N.A.P.



Schaal 1: 10

Locatie: Mijlweg - Dordrecht

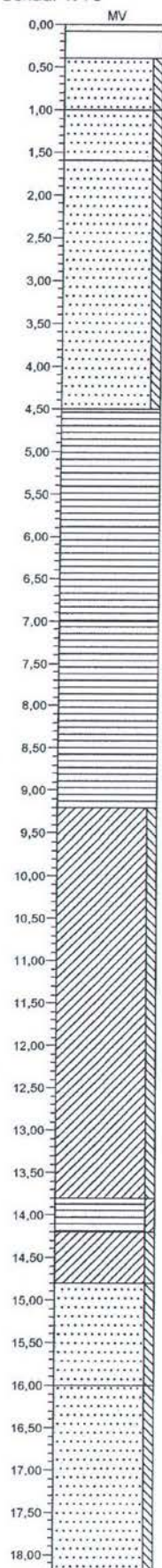
Werknummer: 10.15630 Opdrachtgever: Wareco Ingenieurs

getekend volgens NEN 5104

Boring: B 1

Uitvoeringsdatum: 22-02-2010

Schaal 1: 75



Opdrachtgever: Wareco Ingenieurs

Lokatie: Mijlweg - Dordrecht

Werknummer: 10.15630

Legenda (conform NEN 5104)

grind

	Grind, siltig
	Grind, zwak zandig
	Grind, matig zandig
	Grind, sterk zandig
	Grind, uiterst zandig

zand

	Zand, kleiig
	Zand, zwak siltig
	Zand, matig siltig
	Zand, sterk siltig
	Zand, uiterst siltig

veen

	Veen, mineraalarm
	Veen, zwak kleiig
	Veen, sterk kleiig
	Veen, zwak zandig
	Veen, sterk zandig

peilbuis



klei

	Klei, zwak siltig
	Klei, matig siltig
	Klei, sterk siltig
	Klei, uiterst siltig
	Klei, zwak zandig
	Klei, matig zandig
	Klei, sterk zandig

leem

	Leem, zwak zandig
	Leem, sterk zandig

overige toevoegingen

	zwak humeus
	matig humeus
	sterk humeus
	zwak grindig
	matig grindig
	sterk grindig

monsters



overig

- ▲ bijzonder bestanddeel
- ≡ grondwaterstand tijdens boren

	maaiveldtype c.q. textuur afwezig
	Slib

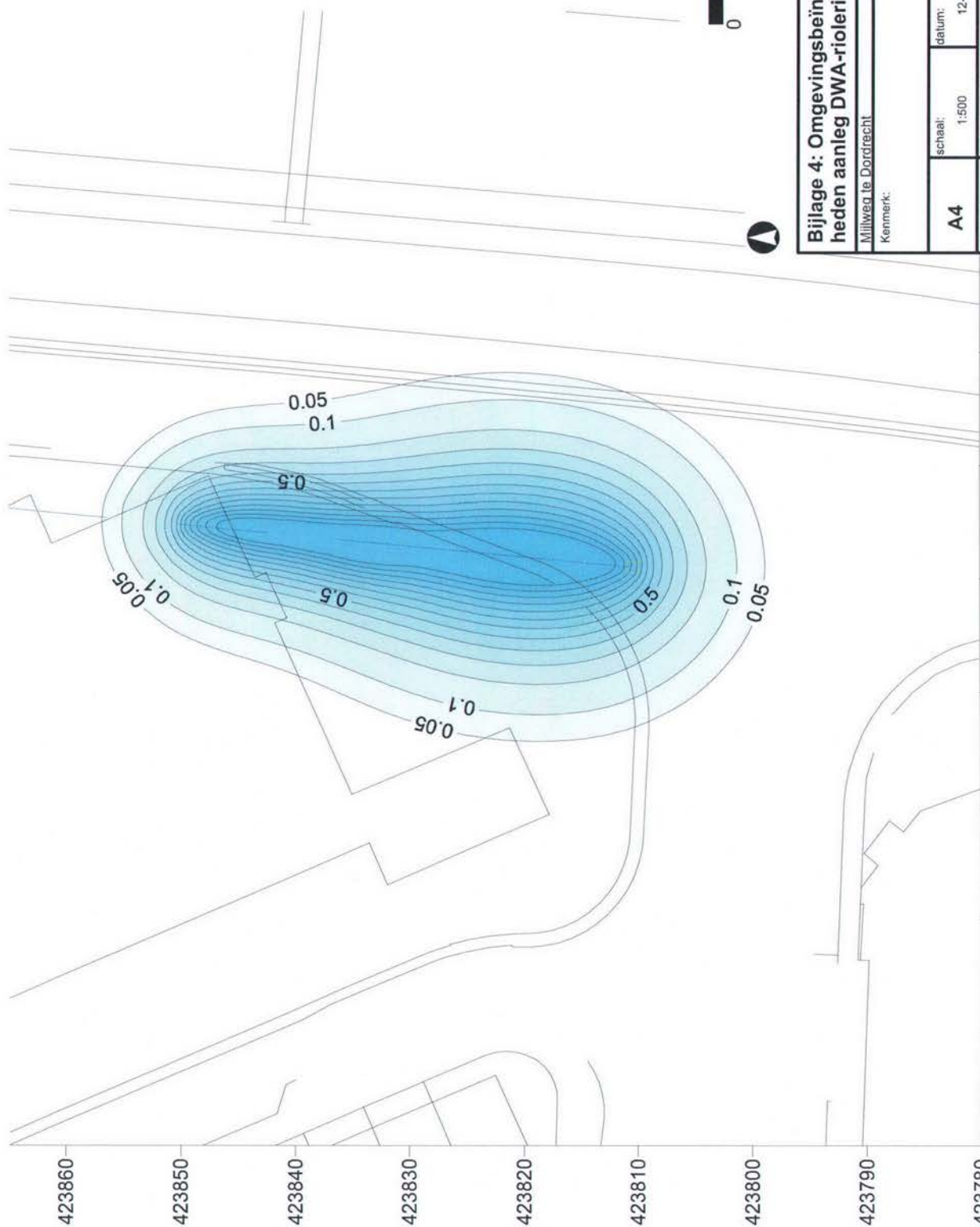
geur

- geen geur
- ◐ zwakke geur
- ◑ matige geur
- ◒ sterke geur
- uiterste geur

olie

- geen olie-water reactie
- ◻ zwakke olie-water reactie
- ◼ matige olie-water reactie
- ◽ sterke olie-water reactie
- uiterste olie-water reactie

berekende
grondwaterstand-
verlaging (m)



Bijlage 4: Omgevingsbeïnvloeding bemalingswerkzaamheden aanleg DWA-riolering

Milfweg te Dordrecht

Kenmerk:

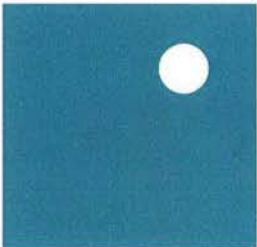
A4	schaal: 1:500	datum: 12-04-2010	modellleur: ROO	gezien: ABO
Project: KG03A	Tekeningnummer: KG03A, RAP20100412.bij4			

wareco
INGENIEURS

BIJLAGE 5
Stabiliteitsanalyse

NOTITIE

Wareco
Postbus 6
1180 AA Amstelveen
T.A.V. Dhr. Ing. R Oosterhoff
FAX:
C.C.



CRUX

CRUX Engineering BV
Asterweg 20 L1
NL-1031 HN Amsterdam
Tel: +31 (0)20 - 494 30 70
Fax: +31 (0)20 - 494 30 71
E-mail: info@cruxbv.nl
Site: www.cruxbv.nl
KvK Amsterdam 34171248

ISO 9001:2000



DATUM	ONS KENMERK	PROJECTNUMMER	PAGINA'S	BEHANDELD
6 mei 2010	NT10192a2	10192	11	kon

ONDERWERP

Mijlweg Dordrecht; stabiliteit keermuur

BIJLAGEN

Bijlage 1 Bepaling draagvermogen Keerwand
Bijlage 2 MStab rapport uitvoeringsfase

1 INLEIDING

In opdracht van Wareco heeft CRUX Engineering BV de grondmechanische stabiliteit van de keermuur tussen de Mijlweg en de rijksweg A16 te Dordrecht berekend zoals aangeboden in offerte OF10192a1 van 29-3-2010. De constructieve stabiliteit van de keermuur valt buiten de beschouwing van deze notitie en dient door een constructeur uitgevoerd te worden. De berekening is uitgevoerd voor de maatgevende doorsnede ter plaatse van de kruising van de Mijlweg met de Nijverheidsstraat. Het resultaat van de uitgevoerde berekeningen wordt in voorliggende notitie besproken.

2 UITGANGSPUNTEN

De volgende documenten zijn gebruikt voor de berekeningen:

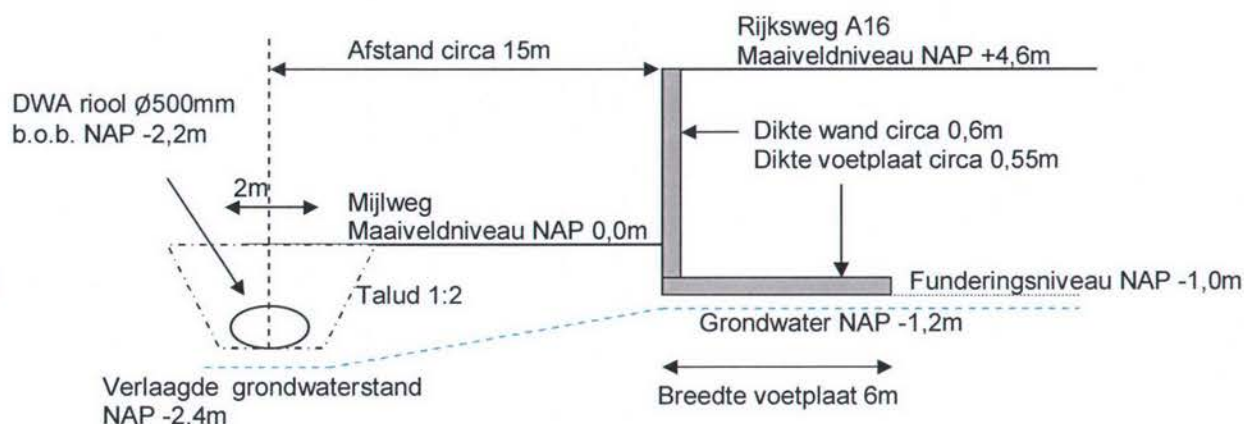
- [1] Rijkswaterstaat; tekening *KW6 Keerwand Glazenstraat en van Leeuwhoekweg*; DI 275; blad 5; d.d. september 1972.
- [2] Wareco; e-mail van dhr. R. Oosterhoff aan dhr. M. de Koning (CRUX); onderwerp: *Project: KG03a Mijlweg te Dordrecht – offerte aanvraag*; d.d. 25 maart 2010; inclusief bijlage
 - Tekening doorsnede keermuur A16
- [3] Wareco; e-mail van dhr. R. Oosterhoff aan dhr. M. de Koning (CRUX); onderwerp: *RE: vraag betreffende Mijlweg*; d.d. 2 april 2010; inclusief bijlage
 - W_Projecten_KG03A_02 Archief achtergrondinfo_riool wareco model
- [4] Wareco; e-mail (3 delen) van dhr. R. Oosterhoff aan dhr. M. de Koning (CRUX); onderwerp: *RE: Offerte Mijlweg te Dordrecht*; d.d. 12 april 2010; inclusief bijlage
 - Tekening Riool wareco topo
 - Verticale wand A16 scan 005538
 - KOAC-NPC conceptrapportage e0901193-2
 - 10.5630 Grondonderzoek Mijlweg
 - Sonderingen FUGRO Mijlweg
 - Scan R00440709-RH_1

- Kg03a_01 Tek. nr. 001
 - Grondwaterstanden Mijlweg
 - R0040709-RH_2
- [5] Wareco; e-mail van dhr. R. Oosterhoff aan dhr. M. de Koning (CRUX); onderwerp: *FW: Prijsopgave meerwerk mijlweg Dordrecht*; d.d. 12 april 2010; inclusief bijlage
- KG03A, RAP20100412.bij4
- [6] Lankelma; rapport *Grondonderzoek aan de Mijlweg te Dordrecht*; projectnummer 09.14807/ME; d.d. 1 maart 2010.
- [7] MOS Grondmechanica; rapport *Grondonderzoek ter plaatse van de Mijlweg te Dordrecht*; kenmerk R0040709-RH_1; d.d. 8 mei 2009.
- [8] MOS Grondmechanica; rapport *Grondonderzoek ter plaatse van de Mijlweg te Dordrecht*; kenmerk R0040709-RH_2; d.d. 25 juni 2009.
- [9] KOAC-NPC; rapport *Resultaten aanvullend verhardingsonderzoek en advies Mijlweg in Dordrecht* (concept); projectnummer e0901193-2; d.d. 24 maart 2010

CRUX staat niet in voor de juistheid en/of volledigheid van de door derden verstrekte informatie en gegevens.

3 SITUATIE BESCHRIJVING

Tussen de Mijlweg en de rijksweg A16 te Dordrecht bevindt zich een L-vormige keerwand welke in de jaren '70 van de vorige eeuw is gebouwd. Tijdens de uitvoeringswerkzaamheden aan de Mijlweg mag de stabiliteit van de keerwand niet zodanig beïnvloed worden dat stabiliteitsproblemen kunnen voordoen. Gezien de grote schade bij falen en/of aanzienlijke persoonlijke veiligheidsrisico's is de keerwand ingedeeld in veiligheidsklasse 3. De werkzaamheden bestaan uit een wegreconstructie en een rioleringswerkzaamheden. In Figuur 1 is een schematische doorsnede weergegeven conform de informatie gegeven in [1], [2], [3], [4] en [5].



Figuur 1 Schematische weergave situatie kruising Mijlweg - Nijverheidsstraat

Door een wegreconstructie van de Mijlweg wordt de bestaande wegconstructie van asfalt en een lavafunderingslaag verwijderd. De nieuw aan te brengen laag bestaat uit de vrijkomende materialen vermengd met schuimbitumen [9]. In Tabel 1 is de opbouw van de wegconstructie weergegeven in de bestaande en voor de toekomstige situatie.

Tabel 1 Opbouw wegconstructie

	Bestaande situatie	Toekomstige situatie
Dikte asfalt [mm]	400	230
Dikte lavafundering [mm]	200	145

Voor de werkzaamheden aan het riool, op circa 15 meter van uit de keerwand, vindt een ontgraving plaats onder talud van circa 1:2 ([5]). Tijdens de werkzaamheden wordt de grondwaterstand ter plaatse van het riool verlaagd tot NAP -2,4m ([5]).

4 BODEMOPBOUW EN PARAMETERS

Uit het uitgevoerde grondonderzoek ([4][6][7][8]) volgt dat direct vanaf maaiveld een zandlaag wordt aangetroffen met een dikte van circa 5m. Hieronder worden de cohesieve lagen aangetroffen welke bestaan uit afwisselend veen- en kleilagen. Op een diepte van circa NAP -13m wordt het vaste zandpakket aangetroffen. De bodemopbouw ter plaatse van de keerwand op de kruising Nijverheidsstraat en Mijlweg is bepaald op basis van de sondering DKM20 uit [6].

In Tabel 2 is de gehanteerde bodemopbouw samen met de representatieve grondparameters weergegeven. De representatieve waarde van de grondparameters zijn bepaald op basis van het uitgevoerde laboratoriumonderzoek [8] en tabel 1 uit NEN6740/2006.

Tabel 2 Bodemopbouw en representatieve parameters

Laag	van [NAP .. m]	tot [NAP .. m]	V_{dr} [kN/m ³]	V_{nat} [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ' [°]
Zand	mv	-2,7	17,0	19,0	0,0	32,5
Zand, kleiig	-2,7	-4,8	14,8	18,8	0,0	27,5
Zand	-4,8	-5,3	18,0	20,0	0,0	32,0
Veen	-5,3	-8,9	2,3	10,3	2,5	15
Klei, humeus	-8,9	-9,5	7,1	13,8	0	15
Klei	-9,5	-10,8	17,0	17,0	3	17,5
Klei, humeus	-10,8	-11,3	7,1	13,8	0,0	15,0
Veen, kleiig	-11,3	-11,8	3,7	11,3	2,5	15,0
Klei	-11,8	-12,5	17,0	17,0	5,0	17,5
Veen, kleiig	-12,5	-13,5	3,7	11,3	2,5	15,0
Zand	-13,5	-17,0	18,0	20,0	0,0	31,0

Voor het asfalt en het lavamateriaal worden volumieke massa aangehouden van respectievelijk 25kN/m³ en 17kN/m³ conform [9]. Voor het beton van de keerwand is een volumieke massa aangehouden van 24,5 kN/m³.

De hoogst gemeten (langdurig) grondwaterstand freatische grondwaterstand ter plaatse van de kruising Mijlweg Nijverheidsstraat bevindt zich op een peil van NAP -1,2m ([4]). Tijdens de rioleringswerkzaamheden bedraagt de verlaging van de grondwaterstand ter plaatse van het riool circa 1,2m [5].

5 BEREKENINGEN

5.1 Stabiliteit tijdens wegreconstructie

De stabiliteit van de keermuur tijdens de wegreconstructie is bepaald volgens NEN6744/2007. Hierbij is een "worst case" scenario aangehouden dat aan de lage zijde van de keermuur geen grond aanwezig is. De grond aan de lage zijde heeft een weerstandsbiedende werking welke nu buitenbeschouwing is gelaten.

De stabiliteit is, gezien het een keermuur uit de jaren '70 uit de vorige eeuw betreft, bepaald voor de gedraineerde situatie. De berekening is uitgevoerd met de rekenwaarde van de grondparameters waarvoor de partiële materiaal factoren voor een grondkerende constructie zijn gehanteerd conform tabel 3 uit NEN6740/2006. Als stabiliteitseis wordt een minimale veiligheidsfactor van 1,0 ($F_{min} \geq 1,0$) acceptabel geacht.

Het resultaat van de uitgevoerde berekeningen is weergegeven in Tabel 3.

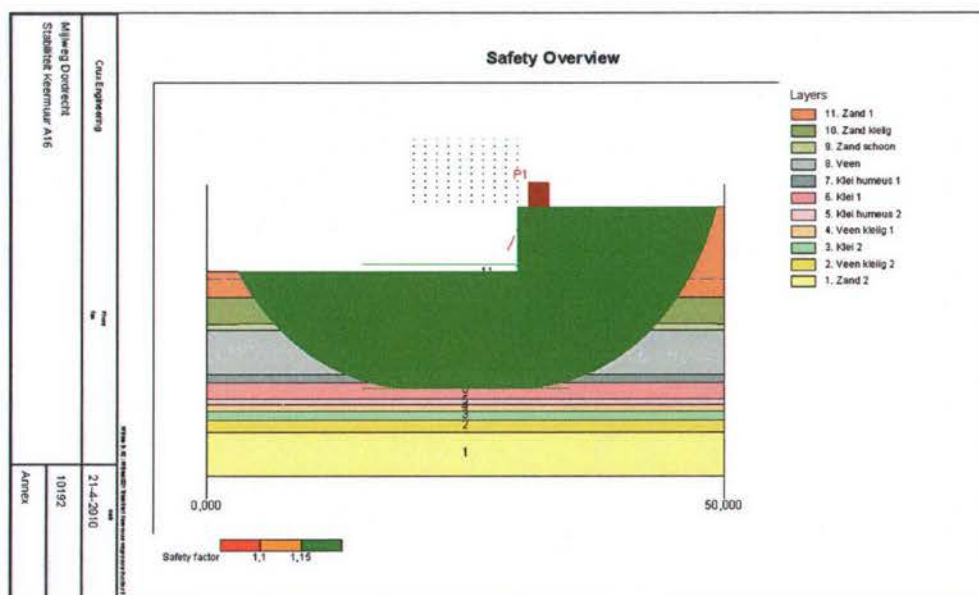
Tabel 3 Resultaat draagvermogen berekening

Toetsing	Resultaat
Draagvermogen (gedraineerd)	$F_{\min} = 1,19$
Horizontaal glijden	$F_{\min} = 1,83$
Kantelen	$F_{\min} = 1,26$

Uit Tabel 3 is te concluderen, en gelet op de conservatieve aanname van verwaarlozing van de lage maaiveld zijde, dat de keerwand over voldoende veiligheid beschikt. De berekening is weergegeven in Bijlage 1.

Opgemerkt wordt dat de berekende veiligheidsfactor tegen het doorponzen door een minder draagkrachtige laag 0,71 bedraagt. Hiermee wordt niet voldaan aan de gestelde eis dat $F_{\min} \geq 1$ moet zijn. Echter aangezien de uit te voeren werkzaamheden geen invloed hebben op het ponsdraagvermogen en de keerwand reeds lang geleden gebouwd is en geen stabiliteitsproblemen heeft, wordt verondersteld dat dit bezwijk mechanisme geen rol zal spelen.

Het resultaat van de berekening van de veiligheidsfactor voor macrostabiliteit van de keerwand tijdens de wegreconstructie is weergegeven in Figuur 2. Hierbij is de veiligheidsfactor bepaald voor de maatgevende situatie dat aan de voorzijde van de keerwand de afaltlaag en lavafundering verwijderd zijn. Vanwege de toepassing van de representatieve waarde van de sterkteparameters van de grondlagen wordt aan de stabiliteitseis voldaan wanneer de minimaal berekende veiligheidsfactor ($F_{\min}$) in de uitvoeringsfase gelijk of groter is dan 1,1 ($F_{\min} \geq 1,1$). De berekende minimale veiligheidsfactor bedraagt 1,6 waarmee wordt voldaan aan de gestelde stabiliteitseis. De keerwand beschikt over voldoende veiligheid tegen bezwijken



Figuur 2 Veiligheidsoverzicht macrostabiliteit tijdens wegreconstructie

5.2 Stabiliteit tijdens rioleringswerkzaamheden

Voor het bepalen van stabiliteit tijdens de rioleringswerkzaamheden is gebruik gemaakt van het computerprogramma MStab V9.10 van DelftGeoSystems. MStab analyseert met behulp van glijcirkels tweedimensionale stabiliteitsproblemen voor een gelaagde bodemopbouw. Hierbij wordt rekening gehouden met eventuele waterdrukken en bovenbelasting. De berekening is uitgevoerd volgens de gangbare lamellenmethode van Bishop. Vanwege de toepassing van de representatieve waarde van de sterkteparameters van de grondlagen wordt aan de stabiliteitseis voldaan wanneer de minimaal

berekende veiligheidsfactor (F_{min}) in de uitvoeringsfase gelijk of groter is dan 1,1 ($F_{min} \geq 1,1$) en in de gebruiksfase gelijk of groter is dan 1,3 ($F_{min} \geq 1,3$).

Conform CUR 166 (4^{de} druk) is in de berekening van de stabiliteit een verkeersbelasting toegepast van 50kN/m² over een breedte van 2m op een afstand van 1m uit de keerwand. Voor de berekening is aangenomen dat de rioleringswerkzaamheden gelijktijdig plaatsvinden met de wegconstructie. De stabiliteit is zodoende bepaald terwijl aan de voorzijde van de keerwand de wegconstructie ontgraven is.

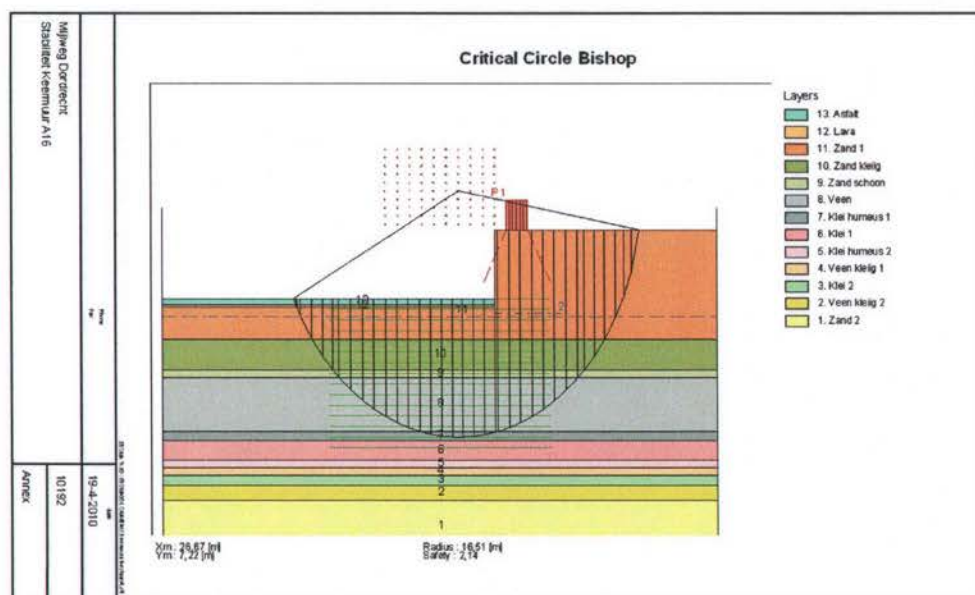
De macrostabiliteit van de keerwand is voor een tweetal situaties bepaald, te weten de bestaande situatie en de situatie tijdens uitvoering. Gezien de keerwand in de jaren '70 van de vorige eeuw is gebouwd is de grond als volledig geconsolideerd verondersteld. In de bepaling van de stabiliteit tijdens de uitvoering is rekening gehouden met een verlaging van de grondwaterstand ter plaatse van het riool met 1,2m. Het resultaat van de berekening is weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4 Resultaat stabiliteitsberekeningen

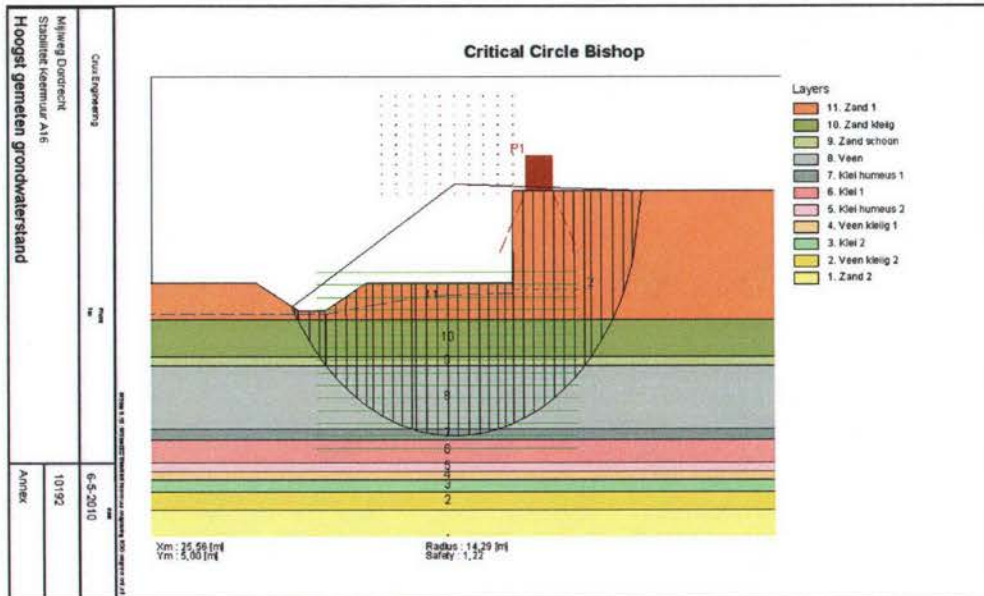
Fase	F_{min} [-]
Bestaande situatie	2,14
Uitvoeringswerkzaamheden	1,22

Te concluderen is dat de keerwand in de huidige situatie over voldoende veiligheid beschikt, $F_{min} \geq 1,3$, in de uitvoeringsfase wordt voldaan aan de gestelde stabiliteitseis, $F_{min} > 1,1$, en de keerwand voldoende stabiliteit tegen bezwijken heeft.

In Figuur 3 en Figuur 4 zijn de maatgevende glijcirkels weergegeven voor respectievelijk de huidige situatie als tijdens de uitvoering.



Figuur 3 Maatgevende glijcirkel huidige situatie



Figuur 4 Maatgevende glijcirkel tijdens uitvoering

De rapportage van de stabiliteitsberekening voor de uitvoeringsfase is weergegeven in Bijlage 2.

6 CONCLUSIE

Te concluderen is dat de keerwand zowel tijdens de wegconstructie als tijdens de rioleringswerkzaamheden over voldoende veiligheid tegen bezwijken beschikt.

Mocht u naar aanleiding van deze notitie nog vragen hebben dan kunt u contact opnemen met ir. ing. M. de Koning.

Gecontroleerd door: ir. J.K. Haasnoot
CRUX Engineering BV

Bijlage 1 Bepaling draagvermogen Keerwand

Sheet	Berekening Staalfundering (schanskorven)
Filaam	P:\10192 Wareco Mijweg Dordrecht_ervolg\Ext\sh1\SH10192 1.0 Staalfundering en schanskorf.xls\Staalfundering gedraineerd
Datum	20-4-2010
opsteller	KON
Project	Keerwand Mijweg Dordrecht
Projectnummer	10192
Onderdeel	Stabiliteit keerwand



Berekening schanskorfconstructies volgens NEN 6740, NEN 6744 met belastinggeval A en belastinggeval B de berekening wordt uitgevoerd voor de gedraineerde situatie. Vul de **rode velden** in!
Groene velden kunnen optioneel worden ingevuld of via knop 'Werk gem. Param. Bij'; Het blad 'Bereken gem. param. gedr.' moet dan ingevuld zijn

Algemeen

Breedte fundering 6 m

	Veiligheidsklasse	3
yfg eigengew ong.	1,2 -	yfg mob 1,5 -
yfg eigengew gunst.	0,9 -	yfg hor 1,5 -

(hor. belasting is mob)

yfg	1,2 -
yfg	0,9 -
yfg bijz	1,0 -
yfg VK3	1,5 -
yfg VK2	1,3 -
yfg VK1	1,2 -
yfg bijz	1 -

Krachten (rep)

F1	82,32 kN/m	e1	2,70 m	M1	222,26 kNm/m
F2	72,77 kN/m	e2	-0,30 m	M2	-21,83 kNm/m
F3	463,59 kN/m	e3	-0,30 m	M3	-139,08 kNm/m
F4	0,00 kN/m	e4	0,00 m	M4	0,00 kNm/m
F5	0,00 kN/m	e5	0,00 m	M5	0,00 kNm/m
F6	0,00 kN/m	e6	0,00 m	M6	0,00 kNm/m
F7(mob)	100,00 kN/m	e7	0,40 m	M7	40,00 kNm/m
F8 hor	0,00 kN/m	eh	0,00 m	Mh	0,00 kNm/m

diepte fundering t.o.v. mv 5,80 m t.o.v. mv hoge zijde
spanning (voor F_{rep}) 95,20 kPa op onderzijde funderingsniveau (kant hoge zijde) (5,6*17)
qlast(voor F_{surrep}) 10,00 kN/m²

α en β volgens NEN 6740 paragraaf 12.4 voor actieve zijde

α	0 deg	K _{ya}	0,254 -	F _{yp}	67,7 kN/m	e	1,87 m	M _y	126,37 kNm/m
β	0 deg	K _{sura}	0,254 -	F _{surrep}	14,2 kN/m	e	2,80 m	M _{sur}	39,82 kNm/m
δ	18,2 deg								
φ	27,25 deg	gemiddelde waarde		φ	32,50 deg		voor Ka		
φ	32,50 deg	direct onder fundering		δ	20,00 deg		voor Ka		

FhdA	0,00 kN/m	FsaeahdA	102,58 kN/m	ehord	2,06 m
FhdB	0,00 kN/m	FsaeahdB	102,58 kN/m	ehord	2,06 m

Verticaal draagvermogen (gedraineerd)

Md A	345,01 kN/m ²	Fsvd	892,41 kN/m	e	0,39 m	Bef	5,23 m	Aef	5,23 m ²
Md B	266,61 kN/m ²	Fsvd	556,81 kN/m	e	0,48 m	Bef	5,04 m	Aef	5,04 m ²

Type constructie

φ	27,25 deg	σ'vzod	17,85 kPa
φd	23,23 deg	c'	0,51 kPa
Nc	18,33 -	c'd	0,34 kPa
Nq	8,87 -	γ	17,81 kN/m ²
Ng	6,76 -	γ'd	6,19 kN/m ²

Let op: geen helling van de belasting in berekening opgenomen.

scA	1,00 -	sqA	1,00 -	s _y A	1,00 -	icA	0,750 -	iqA	0,778 -	iyA	0,695
scB	1,00 -	sqB	1,00 -	s _y B	1,00 -	icB	0,620 -	iqB	0,663 -	iyB	0,546
β	0 deg	β volgens NEN 6744 paragraaf 5.2.5.2 (β ≤ φ' _{ed})									
λcA	1,00 -	λqA	1,00 -	λgA	1,00 -						
λcB	1,00 -	λqB	1,00 -	λgB	1,00 -						

σ _{maxdA}	203,85 kPa	FrdA	##### kN/m	Fsv<=Fr	Ja	Factor	1,19 -
σ _{maxdB}	166,38 kPa	FrdB	838,93 kN/m	Fsv<=Fr	Ja	Factor	1,51 -

Horizontaal draagvermogen (gedraineerd)

φd	27,96 deg	direct onder fundering					
ShdA	301,06 kN/m	Fsh=	102,58 kN/m	Fsh<=Shd	Ja	Factor	2,94 -
ShdB	187,84 kN/m	Fsh=	102,58 kN/m	Fsh<=Shd	Ja	Factor	1,83 -

Kantelen

B_{eff} >= 2/3 B?

B _{eff} A	5,23 m	2/3B	4,00 m	B _{eff} >= 2/3B	Ja	Factor	1,31 -
B _{eff} B	5,04 m	2/3B	4,00 m	B _{eff} >= 2/3B	Ja	Factor	1,26 -

Kracht binnen 1/3 kern?

kern	2,00 m	2,00 <=	x	<=	4,00
------	--------	---------	---	----	------

verhouding A	0,11 -		x	2,91 m	Voldoet?	Ja
aangrijppunt verticaal A	0,15 m					
aangrijppunt horizontaal A	2,06 m					

verhouding B	0,18 -		x	2,75 m	Voldoet?	Ja
aangrijppunt verticaal B	0,13 m					
aangrijppunt horizontaal B	2,06 m					



Bijlage 2 MStab rapport uitvoeringsfase

Program : MStab
Version : 9.10.8.6
License : Unknown
Company : Crux Engineering
Date : 6-5-2010
Time : 14:44:08

Output file : P:\10192 Wareco Mijlweg Dordrecht_vervolg\Geo_rek\STAB\MStab002 Stabiliteit Keermuur
ontgraving HGG wegrec+ont .sto
Input file : P:\10192 Wareco Mijlweg Dordrecht_vervolg\Geo_rek\STAB\MStab002 Stabiliteit Keermuur
ontgraving HGG wegrec+ont .sti
===== BEGINNING OF DATA =====

ECHO OF THE INPUT =====

Problem identification : Mijlweg Dordrecht
: Stabiliteit Keermuur A16

Calculation model : Bishop
Default shear strength : C phi

LAYER BOUNDARIES =====

Boundary no.	Co-ordinates [m]
11 - X -	0.00 10.40 13.60 15.60 18.80 30.00
11 - Y -	-0.60 -0.60 -2.20 -2.20 -0.60 -0.60
11 - X -	30.00 30.00 30.00 50.00
11 - Y -	-0.40 0.00 4.60 4.60
10 - X -	0.00 50.00
10 - Y -	-2.70 -2.70
9 - X -	0.00 50.00
9 - Y -	-4.80 -4.80
8 - X -	0.00 50.00
8 - Y -	-5.30 -5.30
7 - X -	0.00 50.00
7 - Y -	-8.90 -8.90
6 - X -	0.00 50.00
6 - Y -	-9.50 -9.50
5 - X -	0.00 50.00
5 - Y -	-10.80 -10.80
4 - X -	0.00 50.00
4 - Y -	-11.30 -11.30
3 - X -	0.00 50.00
3 - Y -	-11.80 -11.80
2 - X -	0.00 50.00
2 - Y -	-12.50 -12.50
1 - X -	0.00 50.00
1 - Y -	-13.50 -13.50
0 - X -	0.00 50.00
0 - Y -	-17.00 -17.00

PL LINES =====

PL line no.	Co-ordinates [m]
-------------	------------------



1	- X -		0.00	15.60	19.30	22.58	25.01	27.45
1	- Y -		-2.40	-2.40	-1.87	-1.46	-1.31	-1.24
1	- X -		30.00	50.00				
1	- Y -		-1.20	-1.20				

Unit weight of water used for calculation: 9.81 [kN/m3]
The groundwater level is determined by PL-line number 1

FORBIDDEN LINES

Line number	X-start [m]	Y-start [m]	X-end [m]	Y-end [m]
1	30.00	4.60	30.00	-1.00
2	30.00	-1.00	36.00	-1.00

SOIL PROPERTIES

Layer no. | Material name

11	Zand 1
10	Zand kleiig
9	Zand schoon
8	Veen
7	Klei humeus 1
6	Klei 1
5	Klei humeus 2
4	Veen kleiig 1
3	Klei 2
2	Veen kleiig 2
1	Zand 2

Layer number	Gam usat [kN/m3]	Gam sat [kN/m3]	PL-line top	PL-line bottom
11	17.00	19.00	1	1
10	14.80	18.80	1	1
9	18.00	20.00	1	1
8	2.30	10.30	1	1
7	7.10	13.80	1	1
6	17.00	17.00	1	1
5	7.10	13.80	1	1
4	3.70	11.30	1	1
3	17.00	17.00	1	1
2	3.70	11.30	1	1
1	18.00	20.00	1	-

Layer number	Cohesion [kN/m2]	Phi [degrees]	Cu/Pc [-]	POP [kN/m2]	Cu top [kN/m2]	Cu bot. [kN/m2]	Cu grad. [kN/m2/m]
11	0.00	32.50	-	-	-	-	-
10	0.00	27.50	-	-	-	-	-
9	0.00	32.00	-	-	-	-	-
8	2.50	15.00	-	-	-	-	-
7	0.00	15.00	-	-	-	-	-
6	3.00	17.50	-	-	-	-	-
5	0.00	15.00	-	-	-	-	-
4	2.50	15.00	-	-	-	-	-
3	5.00	17.50	-	-	-	-	-
2	2.50	15.00	-	-	-	-	-
1	0.00	31.00	-	-	-	-	-

No degree of consolidation <> 100% input.

CENTER POINT GRID AND TANGENT LINES

```

X co-ordinate grid left      : 20.00 [m]
X co-ordinate grid right     : 30.00 [m]
Number of grid points in X - direction : 10

Y co-ordinate grid bottom    : 5.00 [m]
Y co-ordinate grid top       : 10.00 [m]
Number of grid points in Y - direction : 10

Y co-ordinate tangent smallest circle : 0.00 [m]
Y co-ordinate tangent biggest circle  : -10.00 [m]
Number of circles per grid point      : 15

```

No fixed points input.

Total number of center points in the grid: 100
Total number of slip circles in the grid : 1500

LINE LOADS

No line loads input.

UNIFORM LOAD

Uniform load number	Magnitude [kN/m]	X start [m]	X end [m]	Distrib. degrees	Load Type
1	50.00	31.00	33.00	30.00	Permanent

TREE ON SLOPE

No tree on slope was input.

DEGREE OF CONSOLIDATION : TEMPORARY LOADS

Layer number	Degree of consolidation
11	100
10	100
9	100
8	100
7	100
6	100
5	100
4	100
3	100
2	100
1	100

GEOTEXTILES

No geotextiles were input.

EARTHQUAKE

No earth quake factors were input.



***** The input has been tested, and is correct. *****

RESULTS OF THE SLOPE STABILITY ANALYSIS
=====

The center point of the critical circle lies on the edge of the grid.

New grid with : X minimum = 20.00 [m]
 X maximum = 30.00 [m]
 Y minimum = 4.44 [m]
 Y maximum = 9.44 [m]

Information on the critical circle : Fmin = 1.224
Calculation method used : Bishop - C phi
=====

X co-ordinate center point : 25.56 [m]
Y co-ordinate center point : 5.00 [m]
Radius of critical circle : 14.29 [m]

The center point of the critical circle is enclosed

Driving moment soil : -9572.82 [kNm/m]
Driving moment free water : 0.00 [kNm/m]
Driving moment external loads : -644.44 [kNm/m]
Iterated resisting moment : 9572.82 [kNm/m]
Non-iterated resisting moment : 11361.84 [kNm/m]

END OF MSTAB OUTPUT
=====



Bijlage 3:
BS1: Hoofdleiding 250mm HPE (onder druk)
BS2: Hoofdleiding 250mm HPE (drukloos)

© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651

Sigma 2012 1.0 ©

Grondmechanische gegevens

Grondsoort		= Zand	
Volumiek gewicht droge grond	γ_d	= 18,0	kN/m ³
Inwendige wrijvingshoek grond	φ	= 32,5	°
Effectieve cohesie	c'	= 0	kN/m ²
Ongedraineerde schuifsterkte	c_u	= 0	kN/m ²
E-modulus sleufmateriaal	E_1	= 10	MN/m ²
Minimale verticale beddingsconstante	$k_{v,min}$	= 0,016	N/mm ³
Gemiddelde verticale beddingsconstante	$k_{v,gem}$	= 0,018	N/mm ³
Niet rekenen met horizontale steundruk			
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	

Verkeersbelasting

Grafiek II:

Fatigue Load Model 2, Lorry 4

Niet rekenen met ontlastende invloed wegdek

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651

Sigma 2012 1.0 ©

1. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 204,40	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i) / 2$	= 227,20	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 250,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 125,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 102,20	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 113,60	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi / 64$	= 106.064.835,12	mm ⁴
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 848.518,68	mm ³
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 987,70	mm ⁴ /mm ¹
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 86,64	mm ³ /mm ¹

2. Toetsing of vereenvoudigde berekeningsmethode is toegestaan

 Voor vloeistofleidingen geldt: $H^3 \cdot D_i^5$ moet kleiner dan 40 m⁸ zijn.

H is de druk in meters vloeistofkolom.

 Rekening houdende met $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ volgt:

$$H = \frac{p_d}{\rho \cdot g}$$

$$H = \frac{500.000}{1.000 \cdot 9,81} = 50,97 \text{ m} \rightarrow H^3 \cdot D_i^5 = 50,97^3 \cdot 0,20^5 = 47,24 \text{ m}^8$$

3. Berekening van de veiligheidszone

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

$$R_B = 8 \cdot \sqrt[8]{50,97^3 \cdot 0,20^5} = 12,95 \text{ m}$$

$$\text{Veiligheidszone} = 4 \cdot H_{\text{werk}} + R_B = 4 \cdot 0,00 + 12,95 = 12,95 \text{ m}$$

4. Berekening van de spanningen σ_p en σ_{pl} t.g.v. inwendige druk

$$D_g/d_n = 227,20/22,80 = 9,96 \rightarrow D_g/d_n \leq 20 \rightarrow \text{Dikwandige leiding}$$

$$\sigma_p = \frac{r_e^2 + r_i^2}{r_e^2 - r_i^2} \cdot p_d$$

$$\sigma_p = \frac{125,00^2 + 102,20^2}{125,00^2 - 102,20^2} \cdot 0,5 = 2,52 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{pl} = \nu \cdot \sigma_p = 0,4 \cdot 2,52 = 1,01 \text{ N/mm}^2$$

5. Berekening reroundingfactor f_{rr}

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot p_d \cdot r_g^3 \cdot k_y}{E \cdot I_w} \right)$$

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 113,6^3 \cdot 0,096}{1200 \cdot 987,70} \right) = 0,89$$

06-03-2013 15:04:07

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651

Sigma 2012 1.0 ©

6. Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

$$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$$

$$q_n = 1,1 \cdot 18,0 \cdot 0,8 = 15,84 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_n = q_n \cdot D_o$$

$$Q_n = 15,84 \cdot 10^{-3} \cdot 250 = 3,96 \text{ N/mm}^1$$

7. Berekening van de passieve grondbelasting Q_p

$$q_p = q_n \cdot \left(1 + f_m \cdot \frac{H}{D_o} \right)$$

$$q_p = 15,84 \cdot \left(1 + 0,3 \cdot \frac{0,8}{0,25} \right) = 31,05 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_p = q_p \cdot D_o$$

$$Q_p = 31,05 \cdot 10^{-3} \cdot 250 = 7,76 \text{ N/mm}^1$$

8. Berekening van de reële grondbelasting Q_k

$$z_{\max} = 0,2 \cdot \frac{D_o}{E_1^{0,5} \cdot \sqrt{H/D_o}}$$

$$z_{\max} = 0,2 \cdot \frac{0,25}{10^{0,5} \cdot \sqrt{0,8/0,25}} = 0,0088 \text{ m}$$

$$q_k = \frac{q_n + \frac{\mu \cdot D_o}{z_{\max}} \cdot (q_p - q_n)}{1 + \frac{q_p - q_n}{z_{\max} \cdot k_{v,\min}}}$$

$$q_k = \frac{15,84 + \frac{0,075 \cdot 0,25}{0,0088} \cdot (31,05 - 15,84)}{1 + \frac{31,05 - 15,84}{0,0088 \cdot 0,0160 \cdot 10^6}} = 43,43 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_k = q_k \cdot D_o$$

$$Q_k = 43,43 \cdot 10^{-3} \cdot 250 = 10,86 \text{ N/mm}^1$$

 Aanpassing van Q_k nodig $\rightarrow Q_k > Q_p \rightarrow Q_k = Q_p = 7,76 \text{ N/mm}^1$
9. Berekening van de verkeersbelasting Q_v volgens Grafiek II NEN 3650-1:C.17

Niet rekenen met ontlastende invloed

$$q_v = 54,02 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_v = q_v \cdot D_o$$

$$Q_v = 54,02 \cdot 10^{-3} \cdot 250 = 13,51 \text{ N/mm}^1$$

10. Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding λ

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_{v,\text{gem}}}{4 \cdot E \cdot I_b}}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{250 \cdot 0,018}{4 \cdot 1200 \cdot 106.064.835,12}} = 0,0017 \text{ mm}^{-1}$$

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651

Sigma 2012 1.0 ©

11. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (1^e en 2^e jaar)

 Zettingslengte $L = 40.000 \text{ mm}$

$$\lambda \cdot L = 0,0017 \cdot 40.000 = 68,97$$

 $i = 0,971$ (= 97,1 % inklemming)

 $B_z = 0,00000380$ (volgens NEN 3651 - 8.5.2.4 tabel 4)

$$Q_z = B_z \cdot f_v \cdot D_o \cdot k_{v, \text{gem}}$$

$$Q_z = 0,00000380 \cdot 10,0 \cdot 250 \cdot 0,018 = 0,00017 \text{ N/mm}^1$$

$$Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot \left(i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6} \right)$$

$$Q_d = 0,00017 \cdot 0,0017 \cdot 40.000 \cdot \left(0,971 + \frac{0,971 \cdot 0,0017 \cdot 40.000}{6} \right) = 0,14 \text{ N/mm}^1$$

12. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (na 2 jaar)

$$Q_z = B_z \cdot (f_v + 1,5 \cdot f_z) \cdot D_o \cdot k_{v, \text{gem}}$$

$$Q_z = 0,00000380 \cdot (10,0 + 1,5 \cdot 20) \cdot 250 \cdot 0,018 = 0,00068 \text{ N/mm}^1$$

$$Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot \left(i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6} \right)$$

$$Q_d = 0,00068 \cdot 0,0017 \cdot 40.000 \cdot \left(0,971 + \frac{0,971 \cdot 0,0017 \cdot 40.000}{6} \right) = 0,57 \text{ N/mm}^1$$

13. Berekening evenwichtsdraagvermogen en controle met bovenbelastingen
Berekening evenwichtsdraagvermogen

$$N_q = e^{\pi \tan(\varphi)} \cdot \tan^2(45^\circ + \varphi/2) = 24,58$$

$$N_y = 1,5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\varphi) = 22,54$$

$$B = D_o = 0,25 \text{ m}$$

$$B/L = 0,1$$

$$Z = h + D_o / 2 = 0,80 + 0,25 / 2 = 0,93 \text{ m}$$

$$S_y = 1 - 0,4 \cdot B/L = 0,96$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \tan^{-1}(Z/B) = 1,36$$

$$\gamma'_{\text{gem}} = (q_n + \gamma \cdot \gamma_d \cdot D_o / 2) / Z = 19,80 \text{ kN/m}^3$$

$$P_{we} = 0,95 \cdot (0,5 \cdot \gamma'_{\text{gem}} \cdot D_o \cdot N_y \cdot S_y \cdot d_y + S_q \cdot N_q \cdot d_q \cdot (q_n + c' \cdot \cot(\varphi)) - c' \cdot \cot(\varphi))$$

$$P_{we} = 579,66 \text{ kN/m}^2 = 0,58 \text{ N/mm}^2$$

$$P_{weDo} = P_{we} \cdot D_o = 0,58 \cdot 250,00 = 144,92 \text{ N/mm}^1$$

Controle bovenbelastingen met evenwichtsdraagvermogen

Situatie 1 ^e en 2 ^e jaar	Conclusie:	Situatie na 2 jaar	Conclusie:
$Q_k = 7,76 \text{ N/mm}^1$	Geen aanpassing van Q_d nodig	$Q_n = 3,96 \text{ N/mm}^1$	Geen aanpassing van Q_d nodig
$Q_v = 13,51 \text{ N/mm}^1$		$Q_v = 13,51 \text{ N/mm}^1$	
$Q_d = 0,14 \text{ N/mm}^1 +$		$Q_d = 0,57 \text{ N/mm}^1 +$	
$\Sigma = 21,41 \text{ N/mm}^1$		$\Sigma = 18,04 \text{ N/mm}^1$	

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651		Sigma 2012 1.0 ©
14. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (1^o en 2^o jaar)		
Moment t.g.v. Q_k en Q_v		Moment t.g.v. Q_d
$M_q = K_b \cdot (Q_k + Q_v) \cdot r_g$		$M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$
$M_q = 0,157 \cdot (7,76 + 13,51) \cdot 113,60$		$M_{qd} = 0,102 \cdot 0,14 \cdot 113,60$
$M_q = 379,30 \text{ Nmm/mm}^1$		$M_{qd} = 1,66 \text{ Nmm/mm}^1$
Spanning t.g.v. M_q en M_{qd}		
$\sigma_q = f_{tr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$		
$\sigma_q = 0,89 \cdot (379,30 + 1,66) / 86,64 = 3,93 \text{ N/mm}^2$		
15. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (na 2 jaar)		
Moment t.g.v. Q_n en Q_v		Moment t.g.v. Q_d
$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$		$M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$
$M_q = 0,157 \cdot (3,96 + 13,51) \cdot 113,60$		$M_{qd} = 0,102 \cdot 0,57 \cdot 113,60$
$M_q = 311,50 \text{ Nmm/mm}^1$		$M_{qd} = 6,62 \text{ Nmm/mm}^1$
Spanning t.g.v. M_q en M_{qd}		
$\sigma_q = f_{tr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$		
$\sigma_q = 0,89 \cdot (311,50 + 6,62) / 86,64 = 3,28 \text{ N/mm}^2$		
16. Berekening van de spanning σ_{bx} t.g.v. uitvoeringszakkingverschil f_v		
$\sigma_{bx} = C_z \cdot f_v \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$		
$\sigma_{bx} = 0,00234 \cdot 10,0 \cdot \sqrt{\frac{1200 \cdot 0,018}{22,8}} = 0,02 \text{ N/mm}^2$		
17. Berekening van de spanning σ_{bx} t.g.v. uitvoeringszakkingverschil f_v en zettingsverschil f_z		
$\sigma_{bx} = C_z \cdot (f_v + 1,5 \cdot f_z) \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$		
$\sigma_{bx} = 0,00234 \cdot (10,0 + 1,5 \cdot 20) \cdot \sqrt{\frac{1200 \cdot 0,018}{22,8}} = 0,09 \text{ N/mm}^2$		
18. Berekening van de spanning σ_{ax} t.g.v. temperatuurverschil		
$\sigma_{ax} = \Delta t \cdot \alpha_g \cdot E$		
$\sigma_{ax} = 10,0 \cdot 0,00013 \cdot 1200 = 1,56 \text{ N/mm}^2$		

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651

Sigma 2012 1.0 ©

19. Berekening van de spanningsverhogingsfactoren van de bocht

 Berekening van de factoren i_x , i_{xp} , i_y en i_{yp} van de bocht:

$$h = \frac{t \cdot R}{r^2} = \frac{22,8 \cdot 875}{113,6^2} = 1,55$$

$$i_x = \frac{0,9}{h^{(2/3)}} = \frac{0,9}{1,55^{(2/3)}} = 0,67$$

$$c_2 = 1 + 3,25 \cdot (p_d/E) \cdot (r/t)^{(5/2)} \cdot (R/r)^{(2/3)}$$

$$c_2 = 1 + 3,25 \cdot (0,5/1200) \cdot (113,60/22,8)^{(5/2)} \cdot (875,00/113,6)^{(2/3)} = 1,29$$

$$i_{xp} = \frac{i_x}{c_2} = \frac{0,67}{1,29} = 0,52$$

$$i_y = 2 \cdot i_x = 2 \cdot 0,67 = 1,35$$

$$i_{yp} = 2 \cdot i_{xp} = 2 \cdot 0,52 = 1,04$$

$$i_x < 1 \rightarrow i_x = 1,00$$

$$i_{xp} < 1 \rightarrow i_{xp} = 1,00$$

20. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

$$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$$

$$S_N = 1200 \cdot \frac{987,70}{227,2^3} = 0,10 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{101,06 \text{ kN/m}^2}$$

 Minimaal vereiste ringstijfheid = **0,5 kN/m²**
21. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

 Veiligheidsfactor γ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$

 Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1,5$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 1.200,00 \cdot 987,70}{227,20^3} = 1,92 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 300,00 \cdot 987,70}{227,20^3} = 0,24 \text{ N/mm}^2$$

 Conclusie: Kans op implosie bij **24,06 m** grondwater boven de leiding

22. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie (vervorming)

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,083 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (3,96 + 13,51) - 0,083 \cdot (1 - \sin(32,5^\circ)) \cdot (3,96 + 13,51) + 0,048 \cdot 0,57) \cdot 113,60^3}{300 \cdot 987,70} = \mathbf{4,51 \text{ mm} (= 1,80\%)}$$

 Toelaatbare deflectie = 8% · schadefactor S · $D_o = 0,08 \cdot 0,75 \cdot 250 = \mathbf{15,00 \text{ mm}}$

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651

Sigma 2012 1.0 ©

23. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (1^e en 2^e jaar)

Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

$$\sigma_y = \sigma_p + \alpha_T \cdot (\sigma_q + i_{yp} \cdot \sigma_{bx})$$

$$\sigma_y = 2,52 + 0,65 \cdot (3,93 + 1,04 \cdot 0,02) = \mathbf{5,09 \text{ N/mm}^2}$$

Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

$$\sigma_x = \sigma_{pl} + \alpha_A \cdot i_{xp} \cdot \sigma_{bx} + \sigma_{ax}$$

$$\sigma_x = 1,01 + 0,65 \cdot 1,00 \cdot 0,02 + 1,56 = \mathbf{2,58 \text{ N/mm}^2}$$

24. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (na 2 jaar)

Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

$$\sigma_y = \sigma_p + \alpha_T \cdot (\sigma_q + i_{yp} \cdot \sigma_{bx})$$

$$\sigma_y = 2,52 + 0,65 \cdot (3,28 + 1,04 \cdot 0,09) = \mathbf{4,71 \text{ N/mm}^2}$$

Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

$$\sigma_x = \sigma_{pl} + \alpha_A \cdot i_{xp} \cdot \sigma_{bx} + \sigma_{ax}$$

$$\sigma_x = 1,01 + 0,65 \cdot 1,00 \cdot 0,09 + 1,56 = \mathbf{2,63 \text{ N/mm}^2}$$

25. Toelaatbare spanning bij gekozen schadefactor

$$\text{Toelaatbare spanning} = \bar{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 0,75 = \mathbf{6,00 \text{ N/mm}^2}$$

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651		Sigma 2012 1.0 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project : 1120.020-69 Mijlweg BS 2 Projectonderdeel : Berekening PE waterleiding in de van Leeuwenhoekweg te Dordrecht Schadefactor S : 0,75			
Materiaalgegevens			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS	= 10	N/mm ²
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm ²
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 1.200	N/mm ²
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 300	N/mm ²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α_g	= 13,0 · 10 ⁻⁵	mm/(mm · K)
Alfa Tangentiëel	α_T	= 0,65	-
Alfa Axiaal	α_A	= 0,65	-
Constante van Poisson	ν	= 0,4	-
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	D _e	= 250,00	mm
Wanddikte	d _n	= 22,8	mm
Wanddikte bocht	t	= 22,8	mm
Bochtstraal	R	= 875,00	mm
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Drukloos	
Aanleggegevens			
Ligging: Evenwijdig aan een waterstaatswerk			
Zettingslengte	L	= 40.000	mm
Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H	= 0,8	m
Belastinghoek	α	= 180	°
Ondersteuningshoek	β	= 120	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Uitvoeringszakkingverschil	f _v	= 10,0	mm
Zettingsverschil	f _z	= 20	mm
Klinkpercentage	μ	= 0,075	%
Marstonfactor	f _m	= 0,3	-
Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone			
Waterstaatswerk: Verheeld			
		06-03-2013 15:03:14	

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651

Sigma 2012 1.0 ©

Grondmechanische gegevens

Grondsoort		= Zand	
Volumiek gewicht droge grond	γ_d	= 18	kN/m ³
Inwendige wrijvingshoek grond	φ	= 32,5	°
Effectieve cohesie	c'	= 0	kN/m ²
Ongedraineerde schuifsterkte	c_u	= 0	kN/m ²
E-modulus sleufmateriaal	E_1	= 10	MN/m ²
Minimale verticale beddingsconstante	$k_{v,min}$	= 0,016	N/mm ³
Gemiddelde verticale beddingsconstante	$k_{v,gem}$	= 0,018	N/mm ³
Rekenen met horizontale steundruk			
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	

Verkeersbelasting

Grafiek II:

Fatigue Load Model 2, Lorry 4

Niet rekenen met ontlastende invloed wegdek

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651

Sigma 2012 1.0 ©

1. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 204,40	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 227,20	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 250,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 125,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 102,20	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 113,60	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi / 64$	= 106.064.835,12	mm ⁴
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 848.518,68	mm ³
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 987,70	mm ⁴ /mm ¹
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 86,64	mm ³ /mm ¹

2. Toetsing of vereenvoudigde berekeningsmethode is toegestaan

Leiding is drukloos: Controle is niet mogelijk.

3. Berekening van de veiligheidszone
 $\text{Veiligheidszone} = 4 \cdot H_{\text{werk}} = 4 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ m}$
4. Berekening van de spanningen σ_p en σ_{pl} t.g.v. inwendige druk

Leiding is drukloos:

 $\sigma_p = 0,00 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma_{pl} = 0,00 \text{ N/mm}^2$
5. Berekening reroundingfactor f_r

Leiding is drukloos:

 $f_r = 1,00$

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651		Sigma 2012 1.0 ©
6. Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n		
$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$ $q_n = 1,1 \cdot 18 \cdot 0,8 = 15,84 \text{ kN/m}^2$ $Q_n = q_n \cdot D_o$ $Q_n = 15,84 \cdot 10^{-3} \cdot 250 = 3,96 \text{ N/mm}^1$		
7. Berekening van de passieve grondbelasting Q_p		
$q_p = q_n \cdot \left(1 + f_m \cdot \frac{H}{D_o}\right)$ $q_p = 15,84 \cdot \left(1 + 0,3 \cdot \frac{0,8}{0,25}\right) = 31,05 \text{ kN/m}^2$ $Q_p = q_p \cdot D_o$ $Q_p = 31,05 \cdot 10^{-3} \cdot 250 = 7,76 \text{ N/mm}^1$		
8. Berekening van de reële grondbelasting Q_k		
$z_{\max} = 0,2 \cdot \frac{D_o}{E_1^{0,5} \cdot \sqrt{H/D_o}}$ $z_{\max} = 0,2 \cdot \frac{0,25}{10^{0,5} \cdot \sqrt{0,8/0,25}} = 0,0088 \text{ m}$ $q_k = \frac{q_n + \frac{\mu \cdot D_o}{z_{\max}} \cdot (q_p - q_n)}{1 + \frac{q_p - q_n}{z_{\max} \cdot k_{v,\min}}}$ $q_k = \frac{15,84 + \frac{0,075 \cdot 0,25}{0,0088} \cdot (31,05 - 15,84)}{1 + \frac{31,05 - 15,84}{0,0088 \cdot 0,0160 \cdot 10^6}} = 43,43 \text{ kN/m}^2$ $Q_k = q_k \cdot D_o$ $Q_k = 43,43 \cdot 10^{-3} \cdot 250 = 10,86 \text{ N/mm}^1$ Aanpassing van Q_k nodig $\rightarrow Q_k > Q_p \rightarrow Q_k = Q_p = 7,76 \text{ N/mm}^1$		
9. Berekening van de verkeersbelasting Q_v volgens Grafiek II NEN 3650-1:C.17		
Niet rekenen met ontlastende invloed $q_v = 54,02 \text{ kN/m}^2$ $Q_v = q_v \cdot D_o$ $Q_v = 54,02 \cdot 10^{-3} \cdot 250 = 13,51 \text{ N/mm}^1$		
10. Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding λ		
$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_{v,\text{gem}}}{4 \cdot E \cdot I_b}}$ $\lambda = \sqrt[4]{\frac{250 \cdot 0,018}{4 \cdot 1200 \cdot 106.064.835,12}} = 0,0017 \text{ mm}^{-1}$		
		06-03-2013 15:03:14

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651

Sigma 2012 1.0 ©

11. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (1^e en 2^e jaar)

 Zettingslengte $L = 40.000 \text{ mm}$
 $\lambda \cdot L = 0,0017 \cdot 40.000 = 68,97$
 $i = 0,971$ (= 97,1 % inklemming)

 $B_z = 0,00000380$ (volgens NEN 3651 - 8.5.2.4 tabel 4)

 $Q_z = B_z \cdot f_v \cdot D_o \cdot k_{v, \text{gem}}$
 $Q_z = 0,00000380 \cdot 10,0 \cdot 250 \cdot 0,018 = 0,00017 \text{ N/mm}^1$
 $Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot \left(i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6} \right)$
 $Q_d = 0,00017 \cdot 0,0017 \cdot 40.000 \cdot \left(0,971 + \frac{0,971 \cdot 0,0017 \cdot 40.000}{6} \right) = 0,14 \text{ N/mm}^1$
12. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (na 2 jaar)
 $Q_z = B_z \cdot (f_v + 1,5 \cdot f_z) \cdot D_o \cdot k_{v, \text{gem}}$
 $Q_z = 0,00000380 \cdot (10,0 + 1,5 \cdot 20) \cdot 250 \cdot 0,018 = 0,00068 \text{ N/mm}^1$
 $Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot \left(i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6} \right)$
 $Q_d = 0,00068 \cdot 0,0017 \cdot 40.000 \cdot \left(0,971 + \frac{0,971 \cdot 0,0017 \cdot 40.000}{6} \right) = 0,57 \text{ N/mm}^1$
13. Berekening evenwichtsdraagvermogen en controle met bovenbelastingen
Berekening evenwichtsdraagvermogen
 $N_q = e^{\pi \tan(\varphi)} \cdot \tan^2(45^\circ + \varphi/2) = 24,58$
 $N_y = 1,5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\varphi) = 22,54$
 $B = D_o = 0,25 \text{ m}$
 $B/L = 0,1$
 $Z = h + D_o / 2 = 0,80 + 0,25 / 2 = 0,93 \text{ m}$
 $S_y = 1 - 0,4 \cdot B/L = 0,96$
 $d_q = 1 + 2 \cdot \tan(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \tan^{-1}(Z/B) = 1,36$
 $\gamma'_{\text{gem}} = (q_n + \gamma' \cdot D_o/2) / Z = 19,80 \text{ kN/m}^3$
 $P_{we} = 0,95 \cdot (0,5 \cdot \gamma'_{\text{gem}} \cdot D_o \cdot N_y \cdot S_y \cdot d_y + S_q \cdot N_q \cdot d_q \cdot (q_n + c' \cdot \cot(\varphi)) - c' \cdot \cot(\varphi))$
 $P_{we} = 579,66 \text{ kN/m}^2 = 0,58 \text{ N/mm}^2$
 $P_{weD_o} = P_{we} \cdot D_o = 0,58 \cdot 250,00 = 144,92 \text{ N/mm}^1$
Controle bovenbelastingen met evenwichtsdraagvermogen
Situatie 1^e en 2^e jaar
 $Q_k = 7,76 \text{ N/mm}^1$
 $Q_v = 13,51 \text{ N/mm}^1$
 $Q_d = 0,14 \text{ N/mm}^1 +$
 $\Sigma = 21,41 \text{ N/mm}^1$
Conclusie:

Geen aanpassing

 van Q_d nodig

Situatie na 2 jaar
 $Q_n = 3,96 \text{ N/mm}^1$
 $Q_v = 13,51 \text{ N/mm}^1$
 $Q_d = 0,57 \text{ N/mm}^1 +$
 $\Sigma = 18,04 \text{ N/mm}^1$
Conclusie:

Geen aanpassing

 van Q_d nodig

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651

Sigma 2012 1.0 ©

14. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (1^e en 2^e jaar)
Moment t.g.v. Q_k en Q_v

$$M_q = K_b \cdot (Q_k + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_k + Q_v) \cdot r_g$$

$$M_q = 0,138 \cdot (7,76 + 13,51) \cdot 113,60 - 0,143 \cdot (1 - \sin(32,5^\circ)) \cdot \sin(1/2 \cdot 120^\circ) \cdot (7,76 + 13,51) \cdot 113,60$$

$$M_q = 194,96 \text{ Nmm/mm}^1$$

Moment t.g.v. Q_d

$$M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$$

$$M_{qd} = 0,083 \cdot 0,14 \cdot 113,60$$

$$M_{qd} = 1,35 \text{ Nmm/mm}^1$$

Spanning t.g.v. M_q en M_{qd}

$$\sigma_q = f_{tr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$$

$$\sigma_q = 1,00 \cdot (194,96 + 1,35) / 86,64 = 2,27 \text{ N/mm}^2$$

15. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (na 2 jaar)
Moment t.g.v. Q_n en Q_v

$$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$$

$$M_q = 0,138 \cdot (3,96 + 13,51) \cdot 113,60 - 0,143 \cdot (1 - \sin(32,5^\circ)) \cdot \sin(1/2 \cdot 120^\circ) \cdot (3,96 + 13,51) \cdot 113,60$$

$$M_q = 160,11 \text{ Nmm/mm}^1$$

Moment t.g.v. Q_d

$$M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$$

$$M_{qd} = 0,083 \cdot 0,57 \cdot 113,60$$

$$M_{qd} = 5,39 \text{ Nmm/mm}^1$$

Spanning t.g.v. M_q en M_{qd}

$$\sigma_q = f_{tr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$$

$$\sigma_q = 1,00 \cdot (160,11 + 5,39) / 86,64 = 1,91 \text{ N/mm}^2$$

16. Berekening van de spanning σ_{bx} t.g.v. uitvoeringszakkingverschil f_v

$$\sigma_{bx} = C_z \cdot f_v \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$$

$$\sigma_{bx} = 0,00234 \cdot 10,0 \cdot \sqrt{\frac{1200 \cdot 0,018}{22,8}} = 0,02 \text{ N/mm}^2$$

17. Berekening van de spanning σ_{bx} t.g.v. uitvoeringszakkingverschil f_v en zettingsverschil f_z

$$\sigma_{bx} = C_z \cdot (f_v + 1,5 \cdot f_z) \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$$

$$\sigma_{bx} = 0,00234 \cdot (10,0 + 1,5 \cdot 20) \cdot \sqrt{\frac{1200 \cdot 0,018}{22,8}} = 0,09 \text{ N/mm}^2$$

1.0.3.0/04-2012/8-10031005

© Bureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

06-03-2013 15:03:14

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651

Sigma 2012 1.0 ©

18. Berekening van de spanning σ_{ax} t.g.v. temperatuurverschil

Leiding is drukloos

$$\sigma_{ax} = 0 \text{ N/mm}^2$$

19. Berekening van de spanningsverhogingsfactoren van de bocht

 Berekening van de factoren i_x , i_{xp} , i_y en i_{yp} van de bocht:

$$h = \frac{t \cdot R}{r^2} = \frac{22,8 \cdot 875}{113,6^2} = 1,55$$

$$i_x = \frac{0,9}{h^{(2/3)}} = \frac{0,9}{1,55^{(2/3)}} = 0,67$$

$$i_y = 2 \cdot i_x = 2 \cdot 0,67 = 1,35$$

$$i_x < 1 \rightarrow i_x = 1,00$$

20. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

$$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$$

$$S_N = 1200 \cdot \frac{987,70}{227,2^3} = 0,10 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{101,06 \text{ kN/m}^2}$$

 Minimaal vereiste ringstijfheid = **0,5 kN/m²**
21. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

 Veiligheidsfactor γ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$

 Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1,5$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 1.200,00 \cdot 987,70}{227,20^3} = 1,92 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 300,00 \cdot 987,70}{227,20^3} = 0,24 \text{ N/mm}^2$$

 Conclusie: Kans op implosie bij **24,06 m** grondwater boven de leiding

22. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie (vervorming)

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,083 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (3,96 + 13,51) - 0,083 \cdot (1 - \sin(32,5^\circ)) \cdot (3,96 + 13,51) + 0,048 \cdot 0,57) \cdot 113,60^3}{300 \cdot 987,70} = \mathbf{4,51 \text{ mm} (= 1,80\%)}$$

 Toelaatbare deflectie = 8% · schadefactor S · $D_o = 0,08 \cdot 0,75 \cdot 250 = \mathbf{15,00 \text{ mm}}$

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651	Sigma 2012 1.0 ©
23. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (1^e en 2^e jaar)	
Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding $\sigma_y = \alpha_T \cdot (\sigma_q + i_y \cdot \sigma_{bx})$ $\sigma_y = 0,65 \cdot (2,27 + 1,35 \cdot 0,02) = \mathbf{1,49 \text{ N/mm}^2}$ Optredende spanningen in langsrichting van de leiding $\sigma_x = \alpha_A \cdot i_x \cdot \sigma_{bx} + \sigma_{ax}$ $\sigma_x = 0,65 \cdot 1,00 \cdot 0,02 + 0,00 = \mathbf{0,01 \text{ N/mm}^2}$	
24. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (na 2 jaar)	
Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding $\sigma_y = \alpha_T \cdot (\sigma_q + i_y \cdot \sigma_{bx})$ $\sigma_y = 0,65 \cdot (1,91 + 1,35 \cdot 0,09) = \mathbf{1,30 \text{ N/mm}^2}$ Optredende spanningen in langsrichting van de leiding $\sigma_x = \alpha_A \cdot i_x \cdot \sigma_{bx} + \sigma_{ax}$ $\sigma_x = 0,65 \cdot 1,00 \cdot 0,09 + 0,00 = \mathbf{0,06 \text{ N/mm}^2}$	
25. Toelaatbare spanning bij gekozen schadefactor	
Toelaatbare spanning = $\bar{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 0,75 = \mathbf{6,00 \text{ N/mm}^2}$	
	06-03-2013 15:03:14



Bijlage 4:

BS3: Aftakkende leiding 110mm HPE (onder druk)

BS4: Aftakkende leiding 110mm HPE (drukloos)

04-2012/8-10031005

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651			Sigma 2012 1.0 ©	
Grondmechanische gegevens				
Grondsoort			= Zand	
Volumiek gewicht droge grond	γ_d	= 18	kN/m ³	
Inwendige wrijvingshoek grond	φ	= 32,5	°	
Effectieve cohesie	c'	= 0	kN/m ²	
Ongedraineerde schuifsterkte	c_u	= 0	kN/m ²	
E-modulus sleufmateriaal	E_1	= 10	MN/m ²	
Minimale verticale beddingsconstante	$k_{v,min}$	= 0,016	N/mm ³	
Gemiddelde verticale beddingsconstante	$k_{v,gem}$	= 0,018	N/mm ³	
Niet rekenen met horizontale steundruk				
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1		
Verkeersbelasting				
Grafiek II:	Fatigue Load Model 2, Lorry 4			
Niet rekenen met ontlastende invloed wegdek				

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651

Sigma 2012 1.0 ©

1. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 90,00	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 100,00	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 110,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 55,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 45,00	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 50,00	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi / 64$	= 3.966.260,73	mm ⁴
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 72.113,83	mm ³
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 83,33	mm ⁴ /mm ¹
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 16,67	mm ³ /mm ¹

2. Toetsing of vereenvoudigde berekeningsmethode is toegestaan

 Voor vloeistofleidingen geldt: $H^3 \cdot D_i^5$ moet kleiner dan 40 m⁸ zijn.

H is de druk in meters vloeistofkolom.

 Rekening houdende met $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ volgt:

$$H = \frac{p_d}{\rho \cdot g}$$

$$H = \frac{500.000}{1.000 \cdot 9,81} = 50,97 \text{ m} \rightarrow H^3 \cdot D_i^5 = 50,97^3 \cdot 0,09^5 = 0,78 \text{ m}^8$$

3. Berekening van de veiligheidszone

$$R_B = 2 \cdot \sqrt[8]{H^3 \cdot D_i^5}$$

$$R_B = 2 \cdot \sqrt[8]{50,97^3 \cdot 0,09^5} = 1,94 \text{ m}$$

 Indien er sprake is van een klein gat: $R_{L1} = 0,5 \cdot R_B = 0,97 \text{ m}$

 Indien er sprake is van een groot gat: $R_{L2} = R_B = 1,94 \text{ m}$

 Indien er sprake is van niet-trekvast verbindingen: $R_{L3} = 2 \cdot R_B = 3,88 \text{ m}$

 Veiligheidszone = $4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L1} = 4 \cdot 0,00 + 0,97 = 0,97 \text{ m}$

 Veiligheidszone = $4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L2} = 4 \cdot 0,00 + 1,94 = 1,94 \text{ m}$

 Veiligheidszone = $4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L3} = 4 \cdot 0,00 + 3,88 = 3,88 \text{ m}$
4. Berekening van de spanningen σ_p en σ_{pl} t.g.v. inwendige druk
 $D_g/d_n = 100,00/10,00 = 10,00 \rightarrow D_g/d_n \leq 20 \rightarrow$ Dikwandige leiding

$$\sigma_p = \frac{r_e^2 + r_i^2}{r_e^2 - r_i^2} \cdot p_d$$

$$\sigma_p = \frac{55,00^2 + 45,00^2}{55,00^2 - 45,00^2} \cdot 0,5 = 2,53 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{pl} = \nu \cdot \sigma_p = 0,4 \cdot 2,53 = 1,01 \text{ N/mm}^2$$

5. Berekening reroundingfactor f_{rr}

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot p_d \cdot r_g^3 \cdot k_y}{E \cdot I_w} \right)$$

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 50^3 \cdot 0,096}{1200 \cdot 83,33} \right) = 0,89$$

1.0-04-2012/8-10031005

06-03-2013 15:02:49

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651

Sigma 2012 1.0 ©

6. Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

$$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$$

$$q_n = 1,1 \cdot 18 \cdot 0,8 = 15,84 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_n = q_n \cdot D_o$$

$$Q_n = 15,84 \cdot 10^{-3} \cdot 110 = 1,74 \text{ N/mm}^1$$

7. Berekening van de passieve grondbelasting Q_p

$$q_p = q_n \cdot \left(1 + f_m \cdot \frac{H}{D_o} \right)$$

$$q_p = 15,84 \cdot \left(1 + 0,3 \cdot \frac{0,8}{0,11} \right) = 50,40 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_p = q_p \cdot D_o$$

$$Q_p = 50,40 \cdot 10^{-3} \cdot 110 = 5,54 \text{ N/mm}^1$$

8. Berekening van de reële grondbelasting Q_k

$$z_{\max} = 0,2 \cdot \frac{D_o}{E_1^{0,5} \cdot \sqrt{H/D_o}}$$

$$z_{\max} = 0,2 \cdot \frac{0,11}{10^{0,5} \cdot \sqrt{0,8/0,11}} = 0,0026 \text{ m}$$

$$q_k = \frac{q_n + \frac{\mu \cdot D_o}{z_{\max}} \cdot (q_p - q_n)}{1 + \frac{q_p - q_n}{z_{\max} \cdot k_{v,\min}}}$$

$$q_k = \frac{15,84 + \frac{0,075 \cdot 0,11}{0,0026} \cdot (50,40 - 15,84)}{1 + \frac{50,40 - 15,84}{0,0026 \cdot 0,0160 \cdot 10^6}} = 68,78 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_k = q_k \cdot D_o$$

$$Q_k = 68,78 \cdot 10^{-3} \cdot 110 = 7,57 \text{ N/mm}^1$$

 Aanpassing van Q_k nodig $\rightarrow Q_k > Q_p \rightarrow Q_k = Q_p = 5,54 \text{ N/mm}^1$
9. Berekening van de verkeersbelasting Q_v volgens Grafiek II NEN 3650-1:C.17

Niet rekenen met ontlastende invloed

$$q_v = 54,82 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_v = q_v \cdot D_o$$

$$Q_v = 54,82 \cdot 10^{-3} \cdot 110 = 6,03 \text{ N/mm}^1$$

10. Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding λ

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_{v,\text{gem}}}{4 \cdot E \cdot I_b}}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{110 \cdot 0,018}{4 \cdot 1200 \cdot 3.966.260,73}} = 0,0032 \text{ mm}^{-1}$$

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651

Sigma 2012 1.0 ©

11. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (1^e en 2^e jaar)

 Zettingslengte $L = 6.545 \text{ mm}$
 $\lambda \cdot L = 0,0032 \cdot 6.545 = 20,90$
 $i = 0,900$ (= 90,0 % inklemming)

 $B_z = 0,000360$ (volgens NEN 3651 - 8.5.2.4 tabel 4)

 $Q_z = B_z \cdot f_v \cdot D_o \cdot k_{v,gem}$
 $Q_z = 0,000360 \cdot 10,0 \cdot 110 \cdot 0,018 = 0,0071 \text{ N/mm}^1$
 $Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot \left(i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6}\right)$
 $Q_d = 0,0071 \cdot 0,0032 \cdot 6.545 \cdot \left(0,900 + \frac{0,900 \cdot 0,0032 \cdot 6.545}{6}\right) = 0,60 \text{ N/mm}^1$
12. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (na 2 jaar)
 $Q_z = B_z \cdot (f_v + 1,5 \cdot f_z) \cdot D_o \cdot k_{v,gem}$
 $Q_z = 0,000360 \cdot (10,0 + 1,5 \cdot 20,0) \cdot 110 \cdot 0,018 = 0,028 \text{ N/mm}^1$
 $Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot \left(i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6}\right)$
 $Q_d = 0,028 \cdot 0,0032 \cdot 6.545 \cdot \left(0,900 + \frac{0,900 \cdot 0,0032 \cdot 6.545}{6}\right) = 2,40 \text{ N/mm}^1$
13. Berekening evenwichtsdraagvermogen en controle met bovenbelastingen
Berekening evenwichtsdraagvermogen
 $N_q = e^{\pi \cdot \tan(\varphi)} \cdot \tan^2(45^\circ + \varphi/2) = 24,58$
 $N_y = 1,5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\varphi) = 22,54$
 $B = D_o = 0,11 \text{ m}$
 $B/L = 0,1$
 $Z = h + D_o / 2 = 0,80 + 0,11 / 2 = 0,86 \text{ m}$
 $S_y = 1 - 0,4 \cdot B/L = 0,96$
 $d_q = 1 + 2 \cdot \tan(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \tan^{-1}(Z/B) = 1,39$
 $\gamma'_{gem} = (q_n + \gamma' \gamma_d \cdot D_o / 2) / Z = 19,80 \text{ kN/m}^3$
 $P_{we} = 0,95 \cdot (0,5 \cdot \gamma'_{gem} \cdot D_o \cdot N_y \cdot S_y \cdot d_y + S_q \cdot N_q \cdot d_q \cdot (q_n + c' \cdot \cot(\varphi)) - c' \cdot \cot(\varphi))$
 $P_{we} = 565,64 \text{ kN/m}^2 = 0,57 \text{ N/mm}^2$
 $P_{weDo} = P_{we} \cdot D_o = 0,57 \cdot 110,00 = 62,22 \text{ N/mm}^1$
Controle bovenbelastingen met evenwichtsdraagvermogen
Situatie 1^e en 2^e jaar
 $Q_k = 5,54 \text{ N/mm}^1$
 $Q_v = 6,03 \text{ N/mm}^1$
 $Q_d = 0,60 \text{ N/mm}^1 +$
 $\Sigma = 12,17 \text{ N/mm}^1$
Conclusie:

Geen aanpassing

 van Q_d nodig

Situatie na 2 jaar
 $Q_n = 1,74 \text{ N/mm}^1$
 $Q_v = 6,03 \text{ N/mm}^1$
 $Q_d = 2,40 \text{ N/mm}^1 +$
 $\Sigma = 10,17 \text{ N/mm}^1$
Conclusie:

Geen aanpassing

 van Q_d nodig

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651		Sigma 2012 1.0 ©
14. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (1^e en 2^e jaar)		
Moment t.g.v. Q_k en Q_v		Moment t.g.v. Q_d
$M_q = K_b \cdot (Q_k + Q_v) \cdot r_g$		$M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$
$M_q = 0,157 \cdot (5,54 + 6,03) \cdot 50,00$		$M_{qd} = 0,102 \cdot 0,60 \cdot 50,00$
$M_q = 90,85 \text{ Nmm/mm}^1$		$M_{qd} = 3,06 \text{ Nmm/mm}^1$
Spanning t.g.v. M_q en M_{qd}		
$\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$		
$\sigma_q = 0,89 \cdot (90,85 + 3,06) / 16,67 = 5,03 \text{ N/mm}^2$		
15. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (na 2 jaar)		
Moment t.g.v. Q_n en Q_v		Moment t.g.v. Q_d
$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$		$M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$
$M_q = 0,157 \cdot (1,74 + 6,03) \cdot 50,00$		$M_{qd} = 0,102 \cdot 2,40 \cdot 50,00$
$M_q = 61,01 \text{ Nmm/mm}^1$		$M_{qd} = 12,25 \text{ Nmm/mm}^1$
Spanning t.g.v. M_q en M_{qd}		
$\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$		
$\sigma_q = 0,89 \cdot (61,01 + 12,25) / 16,67 = 3,92 \text{ N/mm}^2$		
16. Berekening van de spanning σ_{bx} t.g.v. uitvoeringszakkingverschil f_v		
$\sigma_{bx} = C_z \cdot f_v \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$		
$\sigma_{bx} = 0,0192 \cdot 10,0 \cdot \sqrt{\frac{1200 \cdot 0,018}{10}} = 0,28 \text{ N/mm}^2$		
17. Berekening van de spanning σ_{bx} t.g.v. uitvoeringszakkingverschil f_v en zettingsverschil f_z		
$\sigma_{bx} = C_z \cdot (f_v + 1,5 \cdot f_z) \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$		
$\sigma_{bx} = 0,0192 \cdot (10,0 + 1,5 \cdot 20,0) \cdot \sqrt{\frac{1200 \cdot 0,018}{10}} = 1,13 \text{ N/mm}^2$		
18. Berekening van de spanning σ_{ax} t.g.v. temperatuurverschil		
$\sigma_{ax} = \Delta t \cdot \alpha_g \cdot E$		
$\sigma_{ax} = 10,0 \cdot 0,00013 \cdot 1200 = 1,56 \text{ N/mm}^2$		

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651

Sigma 2012 1.0 ©

19. Berekening van de spanningsverhogingsfactoren van de bocht

 Berekening van de factoren i_x , i_{xp} , i_y en i_{yp} van de bocht:

$$h = \frac{t \cdot R}{r^2} = \frac{10,0 \cdot 385}{50,0^2} = 1,54$$

$$i_x = \frac{0,9}{h^{(2/3)}} = \frac{0,9}{1,54^{(2/3)}} = 0,67$$

$$c_2 = 1 + 3,25 \cdot (p_d/E) \cdot (r/t)^{(5/2)} \cdot (R/r)^{(2/3)}$$

$$c_2 = 1 + 3,25 \cdot (0,5/1200) \cdot (50,00/10,0)^{(5/2)} \cdot (385,00/50,0)^{(2/3)} = 1,30$$

$$i_{xp} = \frac{i_x}{c_2} = \frac{0,67}{1,30} = 0,52$$

$$i_y = 2 \cdot i_x = 2 \cdot 0,67 = 1,35$$

$$i_{yp} = 2 \cdot i_{xp} = 2 \cdot 0,52 = 1,04$$

$$i_x < 1 \rightarrow i_x = 1,00$$

$$i_{xp} < 1 \rightarrow i_{xp} = 1,00$$

20. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

$$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$$

$$S_N = 1200 \cdot \frac{83,33}{100^3} = 0,10 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{100,00 \text{ kN/m}^2}$$

 Minimaal vereiste ringstijfheid = **0,5 kN/m²**
21. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

 Veiligheidsfactor γ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$

 Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1,5$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 1.200,00 \cdot 83,33}{100,00^3} = 1,90 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 300,00 \cdot 83,33}{100,00^3} = 0,24 \text{ N/mm}^2$$

 Conclusie: Kans op implosie bij **23,81 m** grondwater boven de leiding

22. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie (vervorming)

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,083 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (1,74 + 6,03) - 0,083 \cdot (1 - \sin(32,5^\circ)) \cdot (1,74 + 6,03) + 0,048 \cdot 2,40) \cdot 50,00^3}{300 \cdot 83,33} = \mathbf{2,54 \text{ mm} (= 2,31\%)}$$

 Toelaatbare deflectie = 8% · schadefactor $S \cdot D_o = 0,08 \cdot 0,75 \cdot 110 = \mathbf{6,60 \text{ mm}}$

06-03-2013 15:02:49

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651

Sigma 2012 1.0 ©

23. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (1^e en 2^e jaar)

Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

$$\sigma_y = \sigma_p + \alpha_T \cdot (\sigma_q + i_{yp} \cdot \sigma_{bx})$$

$$\sigma_y = 2,53 + 0,65 \cdot (5,03 + 1,04 \cdot 0,28) = \mathbf{5,99 \text{ N/mm}^2}$$

Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

$$\sigma_x = \sigma_{pl} + \alpha_A \cdot i_{xp} \cdot \sigma_{bx} + \sigma_{ax}$$

$$\sigma_x = 1,01 + 0,65 \cdot 1,00 \cdot 0,28 + 1,56 = \mathbf{2,75 \text{ N/mm}^2}$$

24. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (na 2 jaar)

Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

$$\sigma_y = \sigma_p + \alpha_T \cdot (\sigma_q + i_{yp} \cdot \sigma_{bx})$$

$$\sigma_y = 2,53 + 0,65 \cdot (3,92 + 1,04 \cdot 1,13) = \mathbf{5,84 \text{ N/mm}^2}$$

Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

$$\sigma_x = \sigma_{pl} + \alpha_A \cdot i_{xp} \cdot \sigma_{bx} + \sigma_{ax}$$

$$\sigma_x = 1,01 + 0,65 \cdot 1,00 \cdot 1,13 + 1,56 = \mathbf{3,30 \text{ N/mm}^2}$$

25. Toelaatbare spanning bij gekozen schadefactor

$$\text{Toelaatbare spanning} = \sigma_t \cdot S = 8,00 \cdot 0,75 = \mathbf{6,00 \text{ N/mm}^2}$$

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651		Sigma 2012 1.0 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project : 1120.020-69 Mijlweg BS 4 Projectonderdeel : Berekening PE waterleiding in de van Leeuwenhoekweg te Dordrecht Schadefactor S : 0,75			
Materiaalgegevens			
Materiaal soort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS	= 10	N/mm ²
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm ²
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 1.200	N/mm ²
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 300	N/mm ²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α_g	= 13,0 · 10 ⁻⁵	mm/(mm · K)
Alfa Tangentiëel	α_T	= 0,65	-
Alfa Axiaal	α_A	= 0,65	-
Constante van Poisson	ν	= 0,4	-
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	D _e	= 110,00	mm
Wanddikte	d _n	= 10	mm
Wanddikte bocht	t	= 10,0	mm
Bochtstraal	R	= 385,00	mm
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Drukloos	
Aanleggegevens			
Ligging: Kruising met een waterstaatswerk			
Zettingslengte	L	= 6.545	mm
Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H	= 0,8	m
Belastinghoek	α	= 180	°
Ondersteuningshoek	β	= 120	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Uitvoeringszakkingverschil	f _v	= 10,0	mm
Zettingsverschil	f _z	= 20,0	mm
Klinkpercentage	μ	= 0,075	%
Marstonfactor	f _m	= 0,3	-
Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone			
Waterstaatswerk: Verheeld			
		06-03-2013 15:00:48	

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651

Sigma 2012 1.0 ©

Grondmechanische gegevens

Grondsoort		= Zand	
Volumiek gewicht droge grond	γ_d	= 18	kN/m ³
Inwendige wrijvingshoek grond	ϕ	= 32,5	°
Effectieve cohesie	c'	= 0	kN/m ²
Ongedraineerde schuifsterkte	c_u	= 0	kN/m ²
E-modulus sleufmateriaal	E_1	= 10	MN/m ²
Minimale verticale beddingsconstante	$k_{v,min}$	= 0,016	N/mm ³
Gemiddelde verticale beddingsconstante	$k_{v,gem}$	= 0,018	N/mm ³
Rekenen met horizontale steundruk			
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	

Verkeersbelasting

Grafiek II:

Fatigue Load Model 2, Lorry 4

Niet rekenen met ontlastende invloed wegdek

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651

Sigma 2012 1.0 ©

1. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 90,00	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i) / 2$	= 100,00	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 110,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 55,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 45,00	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 50,00	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi / 64$	= 3.966.260,73	mm ⁴
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 72.113,83	mm ³
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 83,33	mm ⁴ /mm ¹
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 16,67	mm ³ /mm ¹

2. Toetsing of vereenvoudigde berekeningsmethode is toegestaan

Leiding is drukloos: Controle is niet mogelijk.

3. Berekening van de veiligheidszone
 $\text{Veiligheidszone} = 4 \cdot H_{\text{werk}} = 4 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ m}$
4. Berekening van de spanningen σ_p en σ_{pl} t.g.v. inwendige druk

Leiding is drukloos:

 $\sigma_p = 0,00 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma_{pl} = 0,00 \text{ N/mm}^2$
5. Berekening reroundingfactor f_{rr}

Leiding is drukloos:

 $f_{rr} = 1,00$

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651

Sigma 2012 1.0 ©

6. Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

$$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$$

$$q_n = 1,1 \cdot 18 \cdot 0,8 = 15,84 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_n = q_n \cdot D_o$$

$$Q_n = 15,84 \cdot 10^{-3} \cdot 110 = 1,74 \text{ N/mm}^1$$

7. Berekening van de passieve grondbelasting Q_p

$$q_p = q_n \cdot \left(1 + f_m \cdot \frac{H}{D_o} \right)$$

$$q_p = 15,84 \cdot \left(1 + 0,3 \cdot \frac{0,8}{0,11} \right) = 50,40 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_p = q_p \cdot D_o$$

$$Q_p = 50,40 \cdot 10^{-3} \cdot 110 = 5,54 \text{ N/mm}^1$$

8. Berekening van de reële grondbelasting Q_k

$$z_{\max} = 0,2 \cdot \frac{D_o}{E_1^{0,5} \cdot \sqrt{H/D_o}}$$

$$z_{\max} = 0,2 \cdot \frac{0,11}{10^{0,5} \cdot \sqrt{0,8/0,11}} = 0,0026 \text{ m}$$

$$q_k = \frac{q_n + \frac{\mu \cdot D_o}{z_{\max}} \cdot (q_p - q_n)}{1 + \frac{q_p - q_n}{z_{\max} \cdot k_{v,\min}}}$$

$$q_k = \frac{15,84 + \frac{0,075 \cdot 0,11}{0,0026} \cdot (50,40 - 15,84)}{1 + \frac{50,40 - 15,84}{0,0026 \cdot 0,0160 \cdot 10^6}} = 68,78 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_k = q_k \cdot D_o$$

$$Q_k = 68,78 \cdot 10^{-3} \cdot 110 = 7,57 \text{ N/mm}^1$$

 Aanpassing van Q_k nodig $\rightarrow Q_k > Q_p \rightarrow Q_k = Q_p = 5,54 \text{ N/mm}^1$
9. Berekening van de verkeersbelasting Q_v volgens Grafiek II NEN 3650-1:C.17

Niet rekenen met ontlastende invloed

$$q_v = 54,82 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_v = q_v \cdot D_o$$

$$Q_v = 54,82 \cdot 10^{-3} \cdot 110 = 6,03 \text{ N/mm}^1$$

10. Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding λ

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_{v,\text{gem}}}{4 \cdot E \cdot I_b}}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{110 \cdot 0,018}{4 \cdot 1200 \cdot 3.966.260,73}} = 0,0032 \text{ mm}^{-1}$$

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651

Sigma 2012 1.0 ©

11. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (1^e en 2^e jaar)

 Zettingslengte $L = 6.545 \text{ mm}$
 $\lambda \cdot L = 0,0032 \cdot 6.545 = 20,90$
 $i = 0,900$ (= 90,0 % inklemming)

 $B_z = 0,000360$ (volgens NEN 3651 - 8.5.2.4 tabel 4)

 $Q_z = B_z \cdot f_v \cdot D_o \cdot k_{v, \text{gem}}$
 $Q_z = 0,000360 \cdot 10,0 \cdot 110 \cdot 0,018 = 0,0071 \text{ N/mm}^1$
 $Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot \left(i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6} \right)$
 $Q_d = 0,0071 \cdot 0,0032 \cdot 6.545 \cdot \left(0,900 + \frac{0,900 \cdot 0,0032 \cdot 6.545}{6} \right) = 0,60 \text{ N/mm}^1$
12. Berekening van de indirect overgedragen bovenbelasting (na 2 jaar)
 $Q_z = B_z \cdot (f_v + 1,5 \cdot f_z) \cdot D_o \cdot k_{v, \text{gem}}$
 $Q_z = 0,000360 \cdot (10,0 + 1,5 \cdot 20,0) \cdot 110 \cdot 0,018 = 0,028 \text{ N/mm}^1$
 $Q_d = Q_z \cdot \lambda \cdot L \cdot \left(i + \frac{i \cdot \lambda \cdot L}{6} \right)$
 $Q_d = 0,028 \cdot 0,0032 \cdot 6.545 \cdot \left(0,900 + \frac{0,900 \cdot 0,0032 \cdot 6.545}{6} \right) = 2,40 \text{ N/mm}^1$
13. Berekening evenwichtsdraagvermogen en controle met bovenbelastingen
Berekening evenwichtsdraagvermogen
 $N_q = e^{\pi \cdot \tan(\varphi)} \cdot \tan^2(45^\circ + \varphi/2) = 24,58$
 $N_y = 1,5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\varphi) = 22,54$
 $B = D_o = 0,11 \text{ m}$
 $B/L = 0,1$
 $Z = h + D_o / 2 = 0,80 + 0,11 / 2 = 0,86 \text{ m}$
 $S_y = 1 - 0,4 \cdot B/L = 0,96$
 $d_q = 1 + 2 \cdot \tan(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \tan^{-1}(Z/B) = 1,39$
 $\gamma'_{\text{gem}} = (q_n + \gamma \cdot \gamma_d \cdot D_o / 2) / Z = 19,80 \text{ kN/m}^3$
 $P_{we} = 0,95 \cdot (0,5 \cdot \gamma'_{\text{gem}} \cdot D_o \cdot N_y \cdot S_y \cdot d_y + S_q \cdot N_q \cdot d_q \cdot (q_n + c' \cdot \cot(\varphi)) - c' \cdot \cot(\varphi))$
 $P_{we} = 565,64 \text{ kN/m}^2 = 0,57 \text{ N/mm}^2$
 $P_{weDo} = P_{we} \cdot D_o = 0,57 \cdot 110,00 = 62,22 \text{ N/mm}^1$
Controle bovenbelastingen met evenwichtsdraagvermogen

Situatie 1 ^e en 2 ^e jaar	Conclusie:	Situatie na 2 jaar	Conclusie:
$Q_k = 5,54 \text{ N/mm}^1$	Geen aanpassing van Q_d nodig	$Q_n = 1,74 \text{ N/mm}^1$	Geen aanpassing van Q_d nodig
$Q_v = 6,03 \text{ N/mm}^1$		$Q_v = 6,03 \text{ N/mm}^1$	
$Q_d = 0,60 \text{ N/mm}^1 +$		$Q_d = 2,40 \text{ N/mm}^1 +$	
$\Sigma = 12,17 \text{ N/mm}^1$		$\Sigma = 10,17 \text{ N/mm}^1$	

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651

Sigma 2012 1.0 ©

14. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (1^e en 2^e jaar)
Moment t.g.v. Q_k en Q_v

$$M_q = K_b \cdot (Q_k + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_k + Q_v) \cdot r_g$$

$$M_q = 0,138 \cdot (5,54 + 6,03) \cdot 50,00 - 0,143 \cdot (1 - \sin(32,5^\circ)) \cdot \sin(1/2 \cdot 120^\circ) \cdot (5,54 + 6,03) \cdot 50,00$$

$$M_q = 46,70 \text{ Nmm/mm}^1$$

Moment t.g.v. Q_d

$$M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$$

$$M_{qd} = 0,083 \cdot 0,60 \cdot 50,00$$

$$M_{qd} = 2,49 \text{ Nmm/mm}^1$$

Spanning t.g.v. M_q en M_{qd}

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$$

$$\sigma_q = 1,00 \cdot (46,70 + 2,49) / 16,67 = 2,95 \text{ N/mm}^2$$

15. Momenten en spanningen t.g.v. directe en indirecte bovenbelastingen (na 2 jaar)
Moment t.g.v. Q_n en Q_v

$$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$$

$$M_q = 0,138 \cdot (1,74 + 6,03) \cdot 50,00 - 0,143 \cdot (1 - \sin(32,5^\circ)) \cdot \sin(1/2 \cdot 120^\circ) \cdot (1,74 + 6,03) \cdot 50,00$$

$$M_q = 31,36 \text{ Nmm/mm}^1$$

Moment t.g.v. Q_d

$$M_{qd} = K_{b,ind} \cdot Q_d \cdot r_g$$

$$M_{qd} = 0,083 \cdot 2,40 \cdot 50,00$$

$$M_{qd} = 9,97 \text{ Nmm/mm}^1$$

Spanning t.g.v. M_q en M_{qd}

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot (M_q + M_{qd}) / W_w$$

$$\sigma_q = 1,00 \cdot (31,36 + 9,97) / 16,67 = 2,48 \text{ N/mm}^2$$

16. Berekening van de spanning σ_{bx} t.g.v. uitvoeringszakkingverschil f_v

$$\sigma_{bx} = C_z \cdot f_v \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$$

$$\sigma_{bx} = 0,0192 \cdot 10,0 \cdot \sqrt{\frac{1200 \cdot 0,018}{10}} = 0,28 \text{ N/mm}^2$$

17. Berekening van de spanning σ_{bx} t.g.v. uitvoeringszakkingverschil f_v en zettingsverschil f_z

$$\sigma_{bx} = C_z \cdot (f_v + 1,5 \cdot f_z) \cdot \sqrt{\frac{E \cdot k_{v,gem}}{d_n}}$$

$$\sigma_{bx} = 0,0192 \cdot (10,0 + 1,5 \cdot 20,0) \cdot \sqrt{\frac{1200 \cdot 0,018}{10}} = 1,13 \text{ N/mm}^2$$

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651

Sigma 2012 1.0 ©

18. Berekening van de spanning σ_{ax} t.g.v. temperatuurverschil

Leiding is drukloos

$$\sigma_{ax} = 0 \text{ N/mm}^2$$

19. Berekening van de spanningsverhogingsfactoren van de bocht

 Berekening van de factoren i_x , i_{xp} , i_y en i_{yp} van de bocht:

$$h = \frac{t \cdot R}{r^2} = \frac{10,0 \cdot 385}{50,0^2} = 1,54$$

$$i_x = \frac{0,9}{h^{(2/3)}} = \frac{0,9}{1,54^{(2/3)}} = 0,67$$

$$i_y = 2 \cdot i_x = 2 \cdot 0,67 = 1,35$$

$$i_x < 1 \rightarrow i_x = 1,00$$

20. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

$$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$$

$$S_N = 1200 \cdot \frac{83,33}{100^3} = 0,10 \text{ N/mm}^2 = 100,00 \text{ kN/m}^2$$

 Minimaal vereiste ringstijfheid = 0,5 kN/m²
21. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

 Veiligheidsfactor γ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$

 Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1,5$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 1.200,00 \cdot 83,33}{100,00^3} = 1,90 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 300,00 \cdot 83,33}{100,00^3} = 0,24 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij 23,81 m grondwater boven de leiding

22. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie (vervorming)

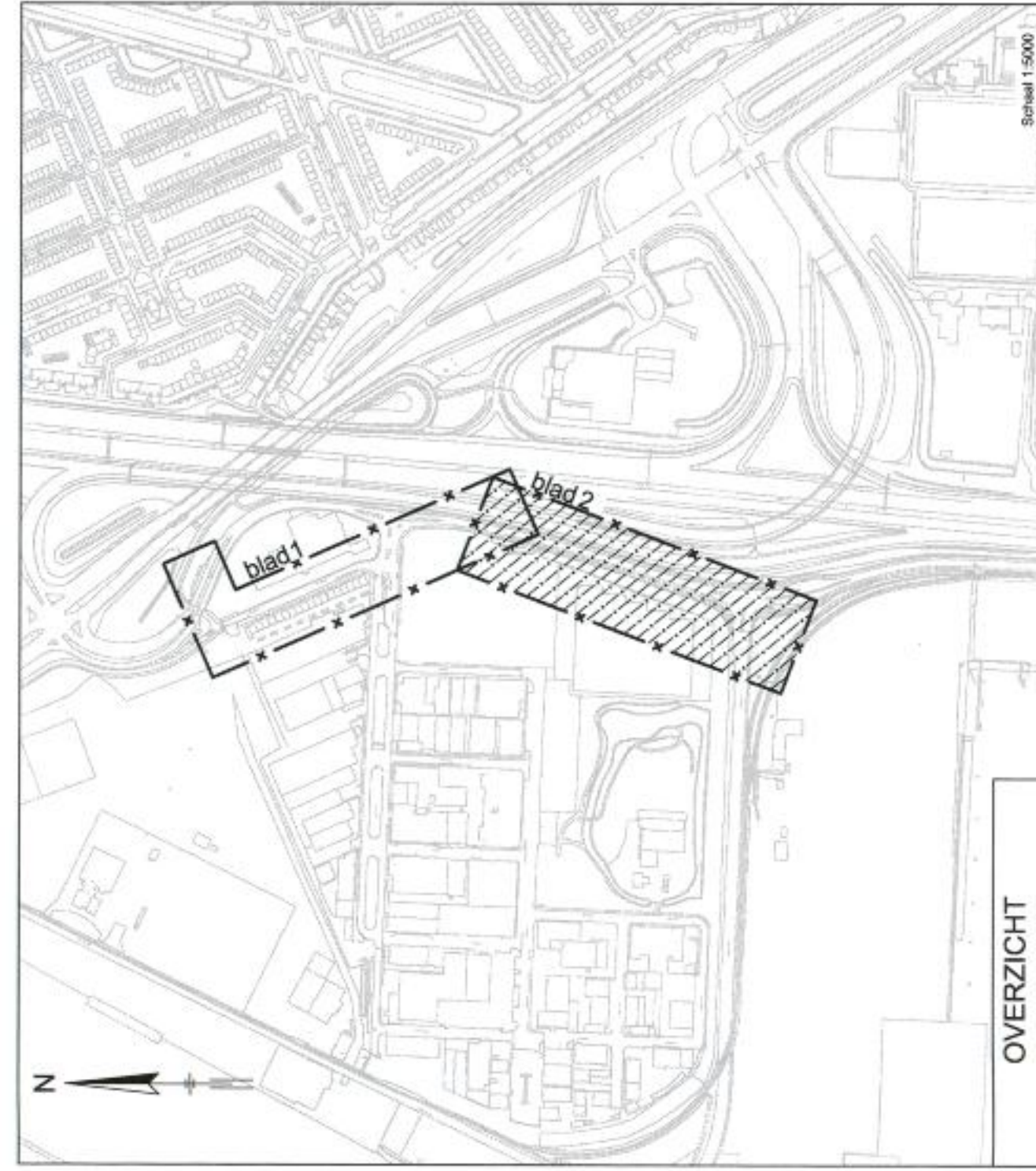
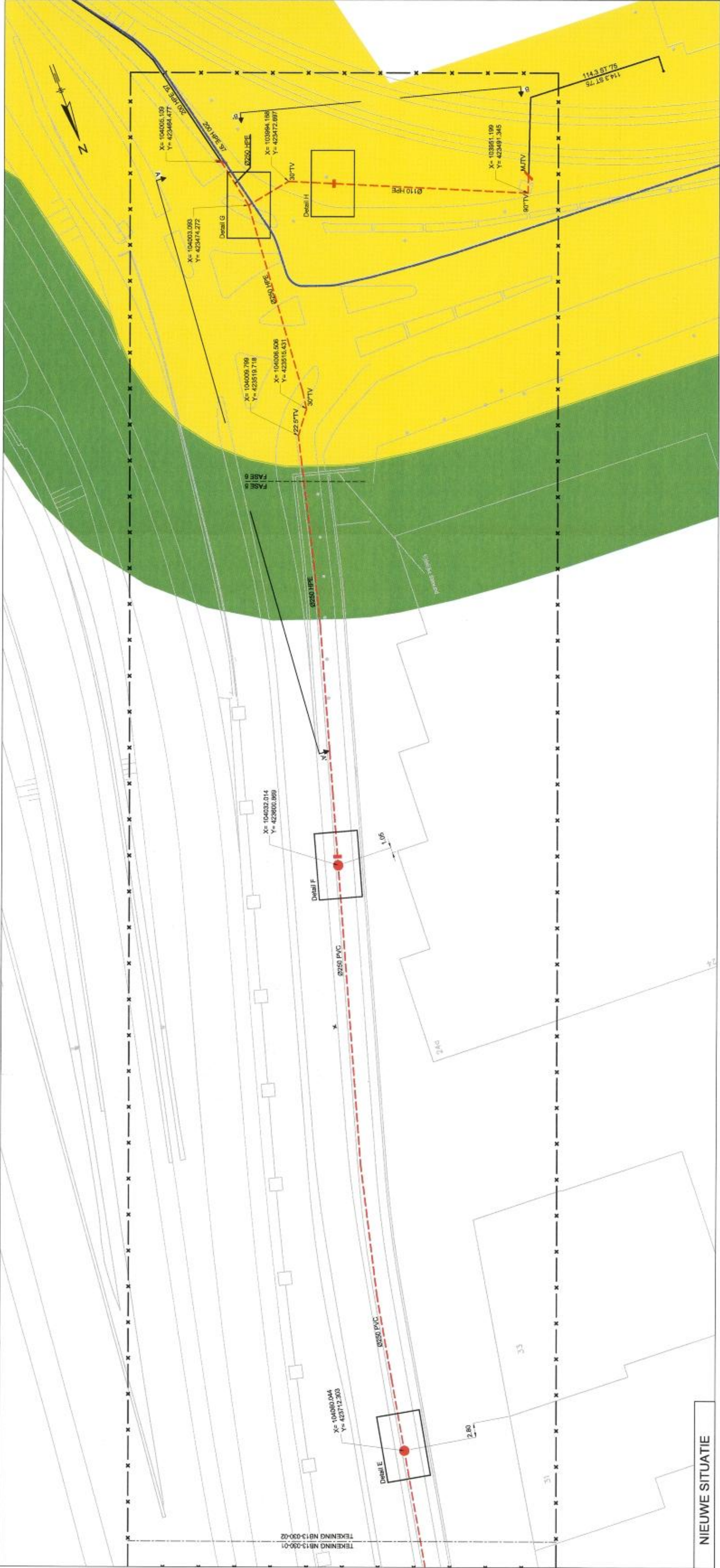
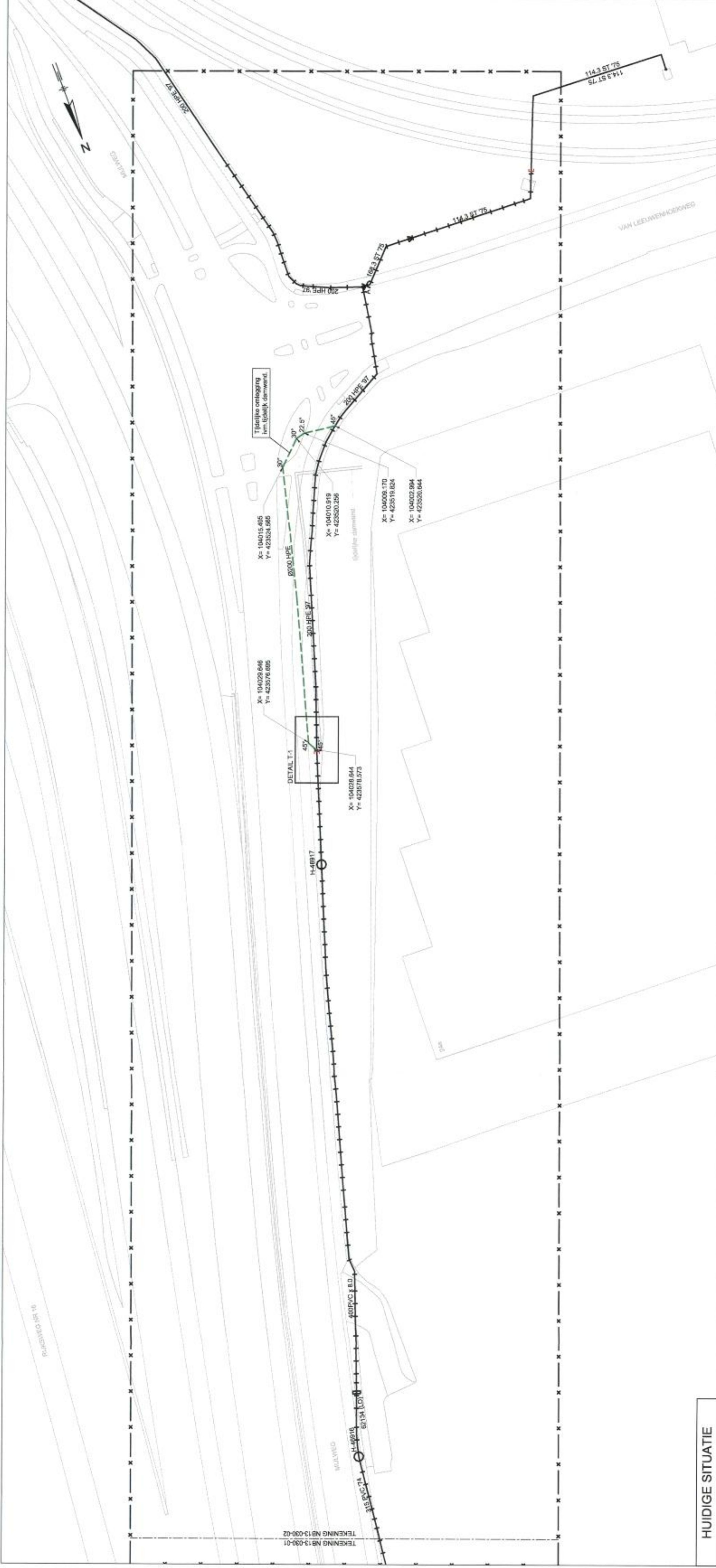
$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,083 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_d) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (1,74 + 6,03) - 0,083 \cdot (1 - \sin(32,5^\circ)) \cdot (1,74 + 6,03) + 0,048 \cdot 2,40) \cdot 50,00^3}{300 \cdot 83,33} = 2,54 \text{ mm} (= 2,31\%)$$

$$\text{Toelaatbare deflectie} = 8\% \cdot \text{schadefactor } S \cdot D_o = 0,08 \cdot 0,75 \cdot 110 = 6,60 \text{ mm}$$

Sterkteberekening van een leiding in open sleuf conform NEN 3650/3651	Sigma 2012 1.0 ©
23. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (1^e en 2^e jaar)	
Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding $\sigma_y = \alpha_T \cdot (\sigma_q + i_y \cdot \sigma_{bx})$ $\sigma_y = 0,65 \cdot (2,95 + 1,35 \cdot 0,28) = \mathbf{2,17 \text{ N/mm}^2}$ Optredende spanningen in langsrichting van de leiding $\sigma_x = \alpha_A \cdot i_x \cdot \sigma_{bx} + \sigma_{ax}$ $\sigma_x = 0,65 \cdot 1,00 \cdot 0,28 + 0,00 = \mathbf{0,18 \text{ N/mm}^2}$	
24. Berekening van het totaal aan optredende spanningen (na 2 jaar)	
Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding $\sigma_y = \alpha_T \cdot (\sigma_q + i_y \cdot \sigma_{bx})$ $\sigma_y = 0,65 \cdot (2,48 + 1,35 \cdot 1,13) = \mathbf{2,38 \text{ N/mm}^2}$ Optredende spanningen in langsrichting van de leiding $\sigma_x = \alpha_A \cdot i_x \cdot \sigma_{bx} + \sigma_{ax}$ $\sigma_x = 0,65 \cdot 1,00 \cdot 1,13 + 0,00 = \mathbf{0,73 \text{ N/mm}^2}$	
25. Toelaatbare spanning bij gekozen schadefactor	
Toelaatbare spanning = $\bar{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 0,75 = \mathbf{6,00 \text{ N/mm}^2}$	



LEGENDA	
	Te leggen leiding
	Bestaande leiding
	Te verwijderen leiding
	Noodleiding
	Te rijken leiding
	Te dammen leiding
	Leiding buiten gebruik
	Topo
	Projectgrens
	Kernzone waterkering
	Beschermingszone waterkering
	Dijkelhooftogte
	Borren

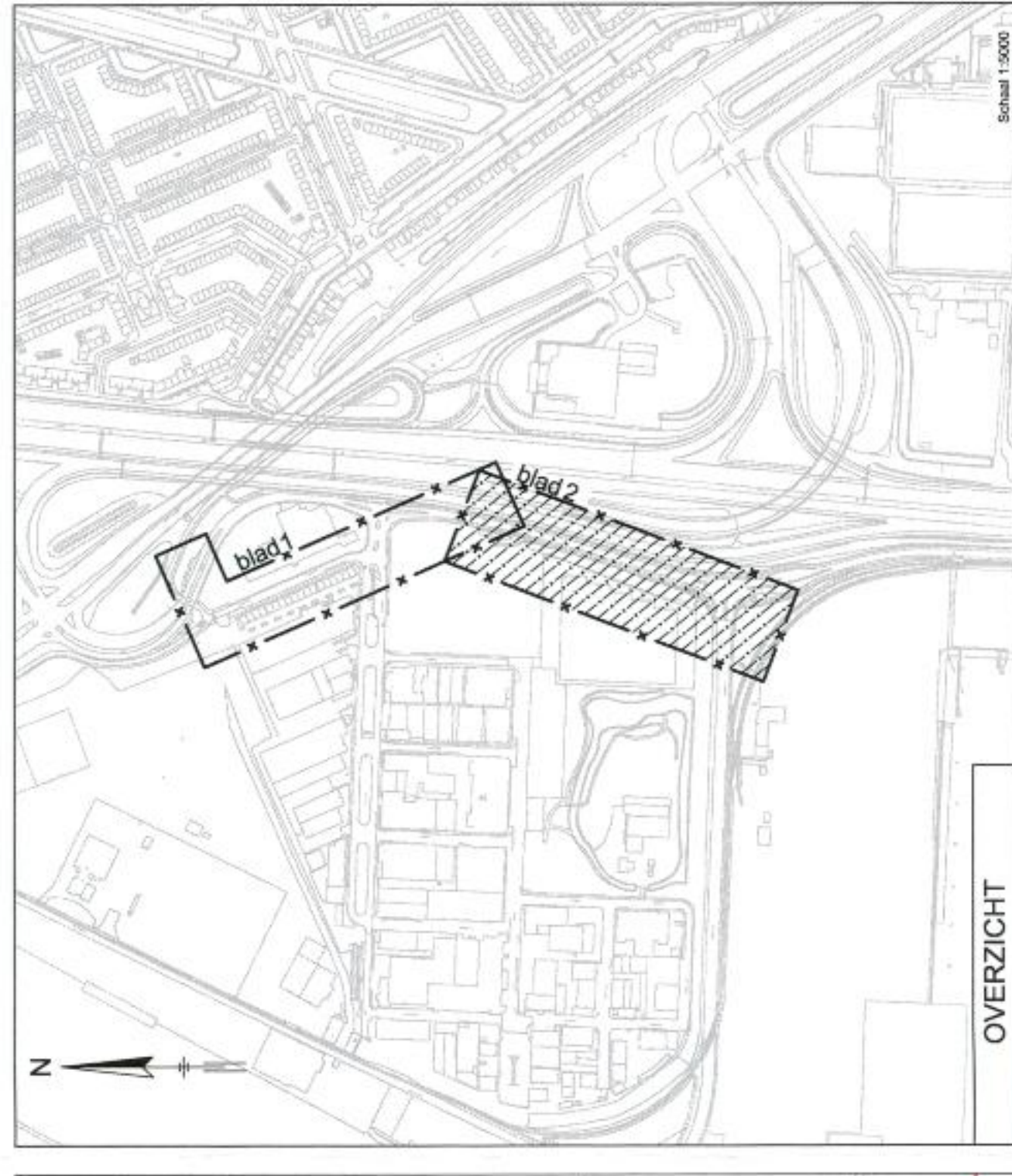
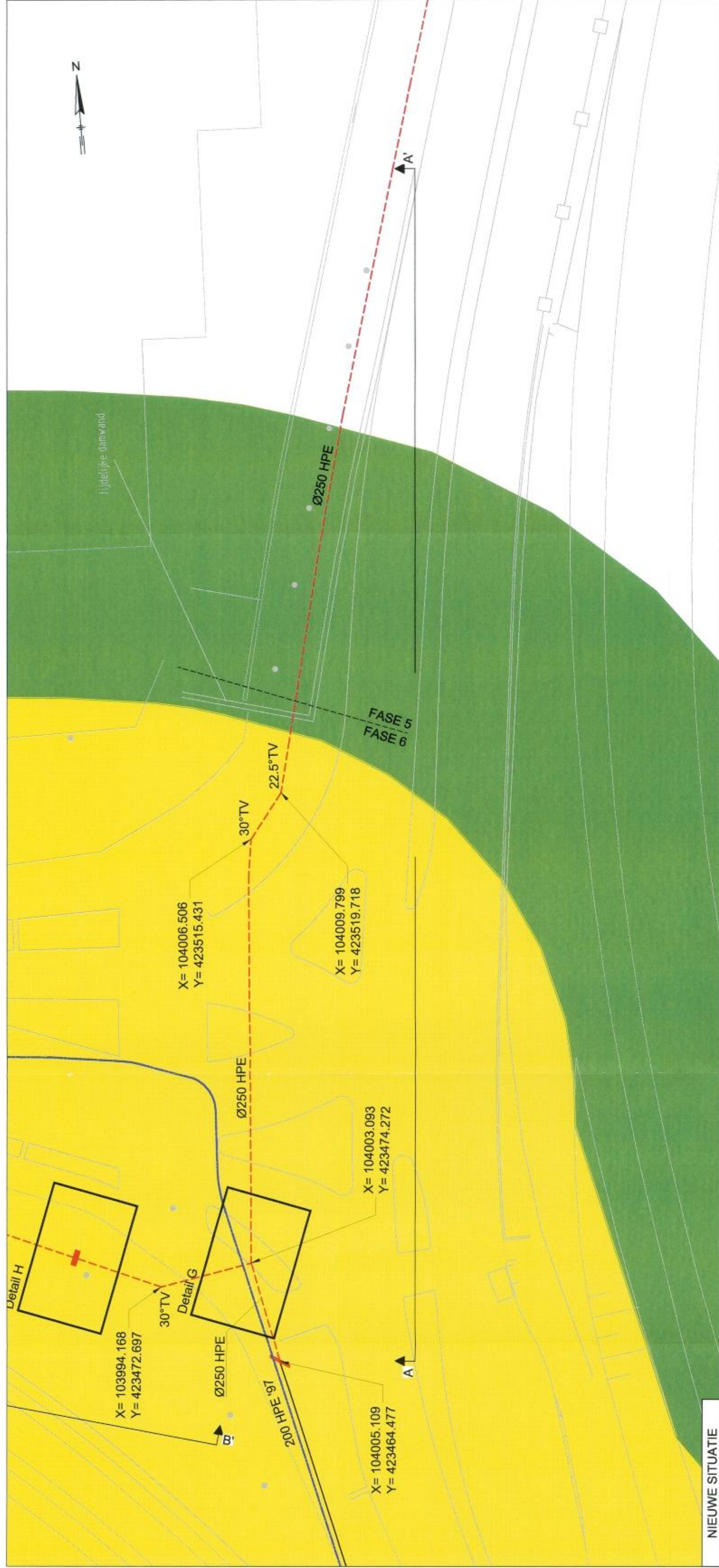
	Afsluiter
	Brandkraan
	Dienskraan
	Verloop
	Materiaal overgang
	Mantelbuis
	Boring / pensing
	Gegraven zinker
	Meetspaal KB
	Anode KB
	Eindkap
	Detail

ATTENTIE	
Het verspreiden van deze tekening dient als kennisgeving te worden beschouwd.	
Van de juiste plaats en de juiste-tijding dient men zich te vergewissen.	
Overtuigen voor middel van niet de hand te gebruiken, te verspreiden.	
Het gebruik van graafmachines, graven.	
De afmetingen van de afmetingen van de afmetingen.	
Werkzaamheden na deze ledigen, dient de afmeting te worden geïnfomeerd.	
Behave en Stralings te worden geïnfomeerd.	

OPMERKINGEN

- Mestwerking in moders (vanaf jongens aangegeven).
- Fase 3/4 uitvoering 10 km 10 maart.
- Fase 5 start uitvoering 10 km 13 maart.
- Fase 6 start uitvoering 10 km 15 juni 2012.
- Nieuw traas volgens bevoeling Gemeente Dordrecht 'Mijlweg Kl.new 2012 avg'.

Nieuwlandweg 35 - 3161 GJ Rhoon Tel : 0181-416 20 40 Fax : 0181-416 20 40 email : info@roosb.nl		 ROOS & BIJL ENGINEERS EN CONSULTANTS	
Vervolg van: Project nr. : EPM-001833		Project omschrijving. : Evides distributie Mijlweg te Dordrecht Wijziging distributieleidingen (indelingstekening)	
Werkvoortzetter Evides: J. J. Ousebroek Bestaatsnummer : 1120.020-05-A-00.00g		Formaat : A1 Getekend door : Lj. Bosnjak Getekend nr. : NB13-030 Schaal : 1:500 Rev. : 1 Blad nr. : 2 van 6	



	Te leggen leiding	Afsluitter
	Bestaande leiding	Brandkraan
	Te verwijderen leiding	Dienstkraan
	Noodleiding	Verloop
	Te rijzen leiding	Materiaal overgang
	Te dammen leiding	MantelbuIs
	Leiding buiten gebruik	Boring / pensing
	Topo	Gegraven zinker
		Meestpaal KB
	Projectgrens	Anode KB
	Kernzone waterkering	Eindkap
	Beschermingszone waterkering	
	Dijkafelhoohte	
	Bomen	
	Totaal	

ATTENTIE

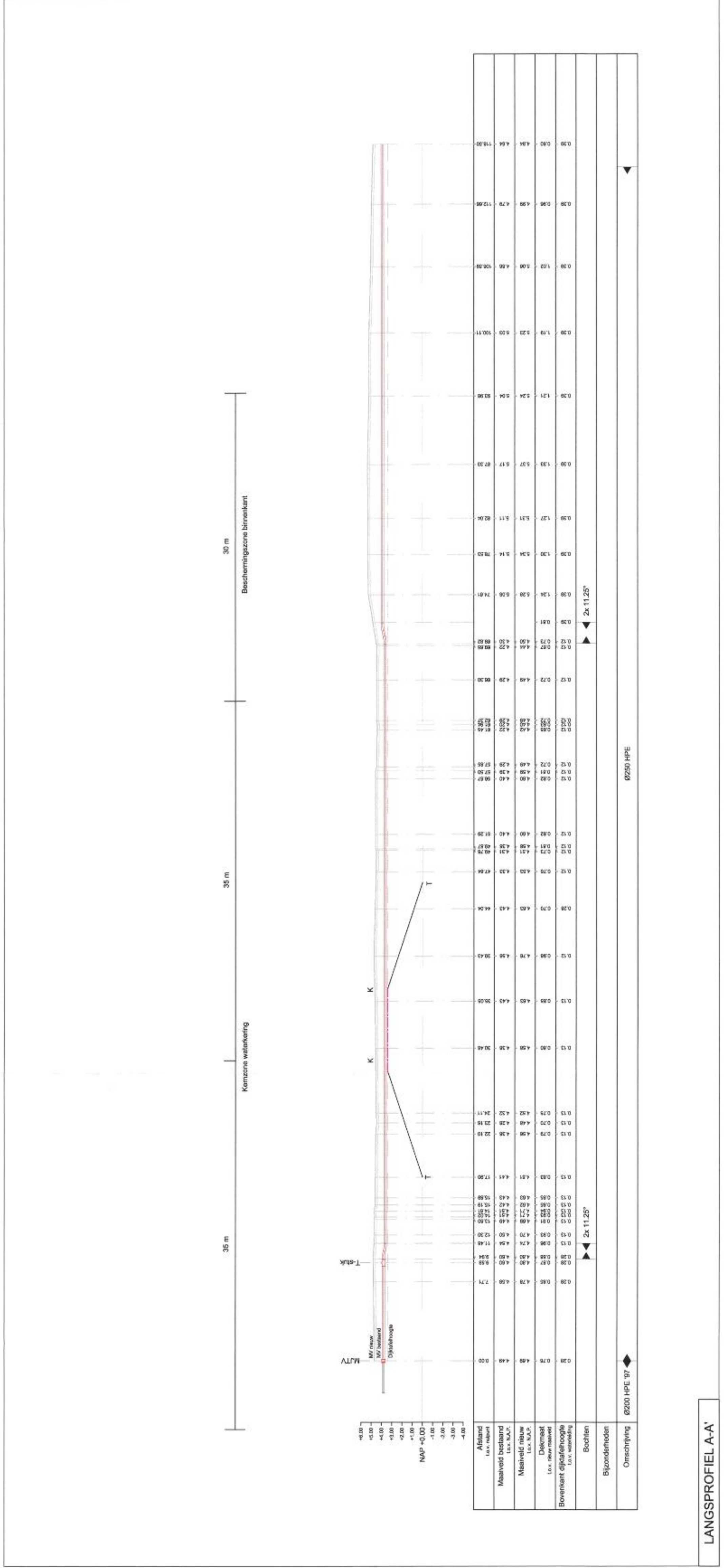
Het verspreiden van de kennisgeving te maken is een belangrijke taak voor de werknemers van de distributie- en transportafdeling. Het is belangrijk dat de werknemers van de distributie- en transportafdeling de kennisgeving van de werknemers van de distributie- en transportafdeling kunnen verspreiden. Het is belangrijk dat de werknemers van de distributie- en transportafdeling de kennisgeving van de werknemers van de distributie- en transportafdeling kunnen verspreiden.

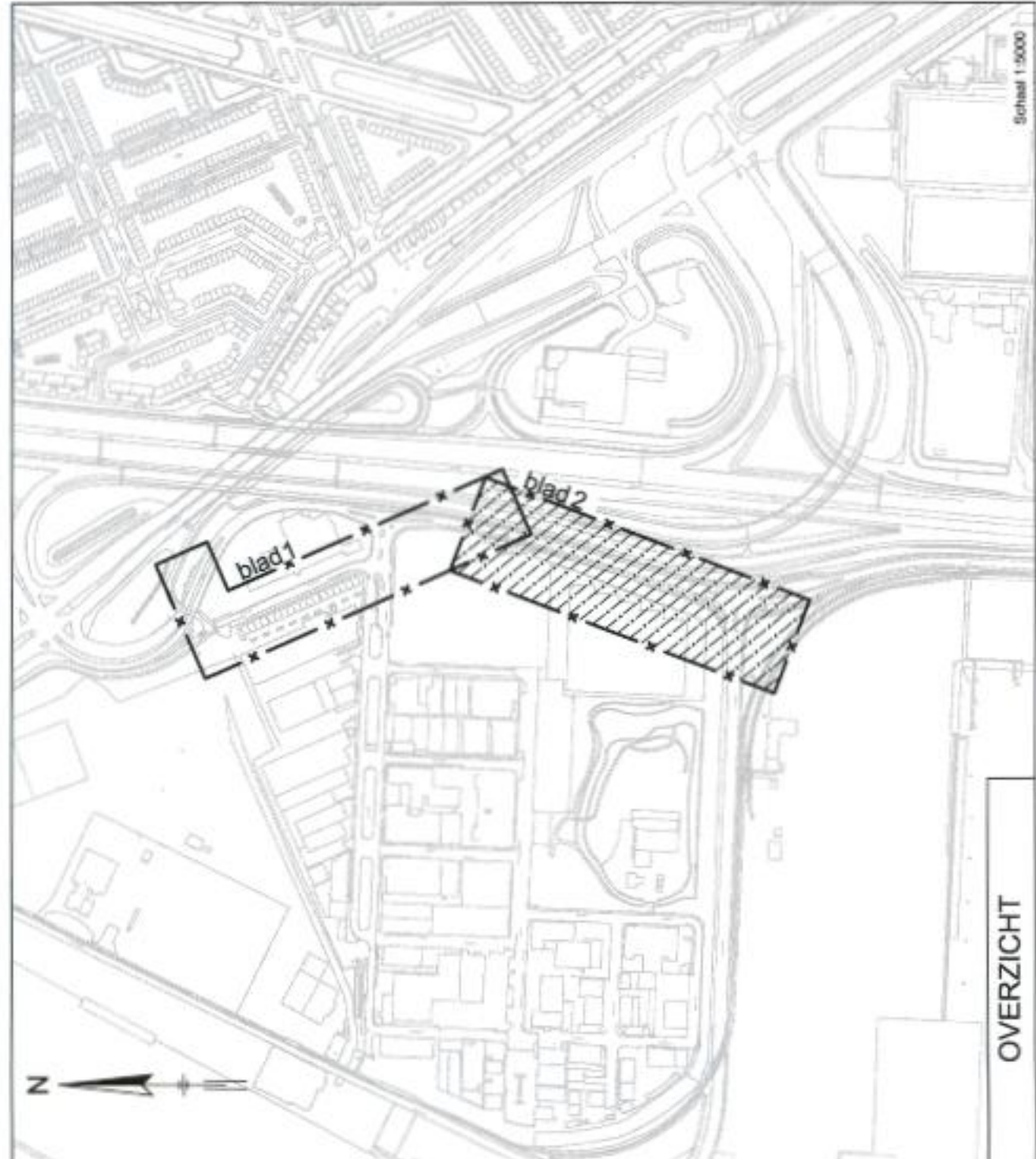
Alle bochtinstellingen voor diameters PVCHPE 110mm en groter moeten rektvast worden uitgevoerd!	Minimale rektvast lengte voor PVCHPE	groot	groot	groot
diameter (mm)	11, 25*, 22, 30*, 45*, 50*	10m	15m	15m
110	5m	5m	5m	10m
160	5m	5m	10m	15m
200	5m	5m	10m	15m
250	5m	5m	15m	20m
300	5m	5m	15m	20m
315	5m	5m	15m	25m

OPMERKINGEN

Maatvoering in meters (verschillen anderszins aangegeven).

- Fase 3/4 uitvoering 10 tot 11 m.
- Fase 5 start uitvoering 10 tot 13 maart.
- Nieuw tracé van 10 tot 13 maart.
- Nieuw tracé volgens tekening 'Gedifferentieerd Dordrecht Nieuw 2012' aeng'.





LEGENDA

Asfalter	Asfalt	Te leggen leiding
Brandkraan	Brandkraan	Bestaande leiding
Dienstkraan	Dienstkraan	Te vervangen leiding
Verloop	Noodleiding	Te rijken leiding
Materiaal overgang	Te dimmeren leiding	Leiding buiten gebruik
Mantelbuis	Leiding buiten gebruik	Topo
Boring / pensing	Projectgrans	Kennzone waterkering
Gegraven zinker	Beschermingszone waterkering	Dijkwaterhoogte
Meestal KB	Bomen	
Anode KB		
Eindkap		
Detail verwijzing		

ATTENTIE

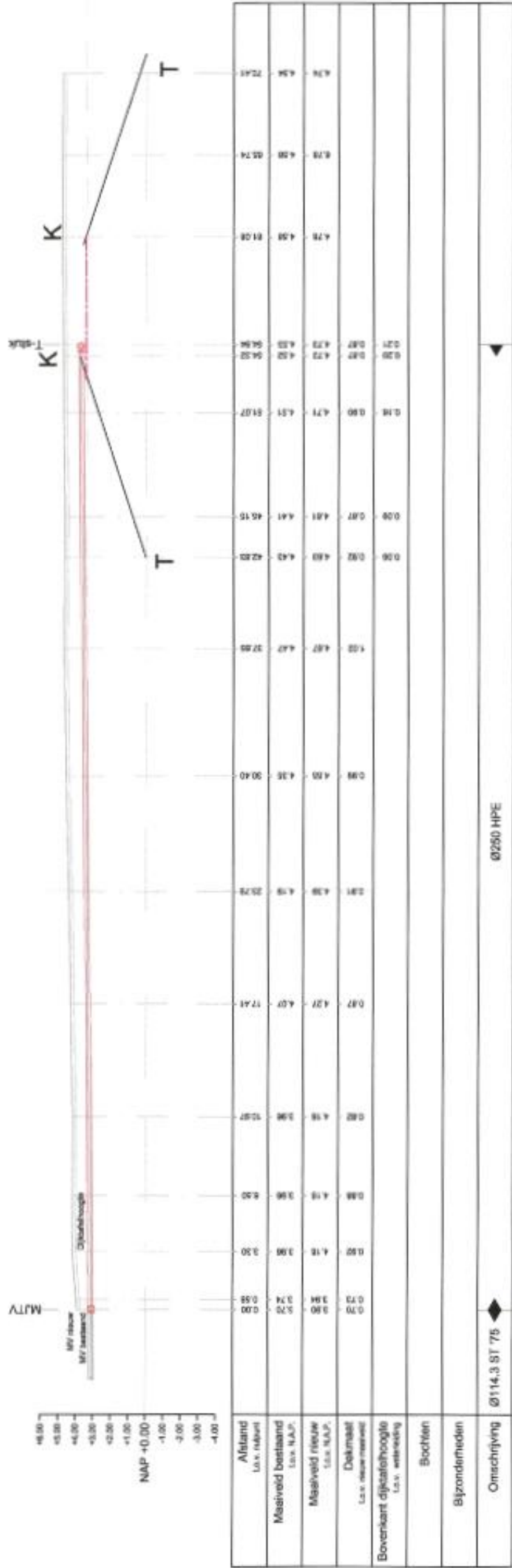
Het verstrekken van deze tekening dient als kennisgeving te worden gezien van de distributie- en transportbedingen. Van de juiste plaats en display-figuur dient men zich te vergewissen door middel van de hand te geven proffessuen.

Het gebruik van graafmachines, pikhouweel, e.d. nach waterleidingen wordt niet klein ontvallen. Bij werkzaamheden nabij onze leidingen dient altijd de afbakening en Sonngen te worden geïnformeerd.

Alle bochtconstructies voor diameters PVC/HPE 110mm en groter moeten trekvast worden uitgevoerd!					
Minimale trekvas leidinglengte voor PVC/HPE					
diameter (mm)	11,25°	22,5°	30°	45°	90°
110	5m	5m	5m	5m	10m
160	5m	5m	5m	5m	15m
200	5m	5m	5m	5m	15m
250	5m	5m	5m	15m	20m
315	5m	5m	5m	15m	25m
350	5m	5m	5m	15m	30m

OPMERKINGEN

- Maatvoering in meters (tenzij anders aangegeven).
 - Fase 3/4 start uitvoering 1 t/m 10 maart.
 - Fase 5 start uitvoering 10 t/m 13 maart.
 - Fase 6 start uitvoering 23 t/m 26 juni.
- Nieuw tracé volgens tekening Gemeente Dordrecht 'Milieuweg Klouw 2012 awg'.



LANGSPROFIEL B-B'

[illegible]

Project nr.: EPM-001833

Project omschrijving.:

Evides distributie
Milkwyn te Noordrecht

Wijzigingen distributieledingen (langsprofiel)

Werkvoorbereider Evidens
J.L. Ossenblik
Bestandsnaam :
1120 020-69-A-00 dwg

formaat :	Gefekend door :
A1	I : Rosink

Al	Lj. dosijak	NR 13-030
Schuil : 1250		Blad nr : 4 van 6