

Berekening kwelwegen volgens NEN 3650:2020

Naam van het project : HDD Kruising met kanaal X

Projectonderdeel : Bundelboring (1 x 110 mm + 2 x 200 mm)

Opdrachtgever : Bedrijf X

Horizontaal gestuurde boring t.b.v. : Boring van meerdere buizen

Bundelboring (1 x 110 mm + 2 x 200 mm)

HDD Kruising met kanaal X

Kwelwegberekeningen

Datum rapport: 30 december 2021



Kees Schrijvers
Adviesbureau Schrijvers BV
+31(0)6-204 278 34





Inhoudsopgave

Blz.

Inleiding	1
Locatie van de te maken boring (fictief voorbeeld)	1
Dwarsprofiel geprojecteerde boring	1
Lengte boring / kromtestralen / samenstelling	1
Uitwendige diameters verschillende buizen	1
Vergunningverlenende instanties en voorschriften	2
Bestaande infrastructuur	2
Uitvoeringsaspecten	2
Bijzonderheden	2
Uitvoeringsaspecten	2
Gegevens waterpeilen/stijghoogten	2
Waterpeilen bij intredepunt	2
Waterpeil kanaal/watergang	2
Waterpeilen bij uittredepunt	2
Kwelbeschouwing nabij intredepunt	3
Situatie nabij intredepunt	3
Overzicht verschillende kwelwegen intredepunt	3
Grondgegevens nabij intredepunt	3
Locatie sondering nabij intredepunt	3
Sondering nabij intredepunt	4
Invoerparameters kwelwegberekening richting intredepunt	4
Kwelbeschouwing nabij uittredepunt	4
Situatie nabij uittredepunt	5
Overzicht verschillende kwelwegen uittredepunt	5
Grondgegevens nabij uittredepunt	5
Sondering nabij uittredepunt	6
Invoerparameters kwelwegberekening richting uittredepunt	6
Toetsen op kwel conform NEN 3650 / NEN 3651	7
Overzicht mogelijke kwelwegen	7
Resultaten kwelwegberekening richting intredepunt	8
Kwelwegberekening kanaal-inttredepunt (absolute toetsing)	8
Kwelwegberekening kanaal-inttredepunt (relatieve toetsing)	8
Resultaten kwelwegberekening richting uittredepunt	9
Kwelwegberekening kanaal-uittredepunt (absolute toetsing)	9
Kwelwegberekening kanaal-uittredepunt (relatieve toetsing)	9

Bijlagen

Bijlage A : Stijghoogten volgens TNO

Bijlage B : Principetekeningen t.b.v. onderzoek naar kwelproblematiek

Bijlage C : Weegfactoren volgens NPR 3569 en grondafhankelijke factor CL

Bijlage D : Principe doorsneden kwelwegen volgens NPR 3659

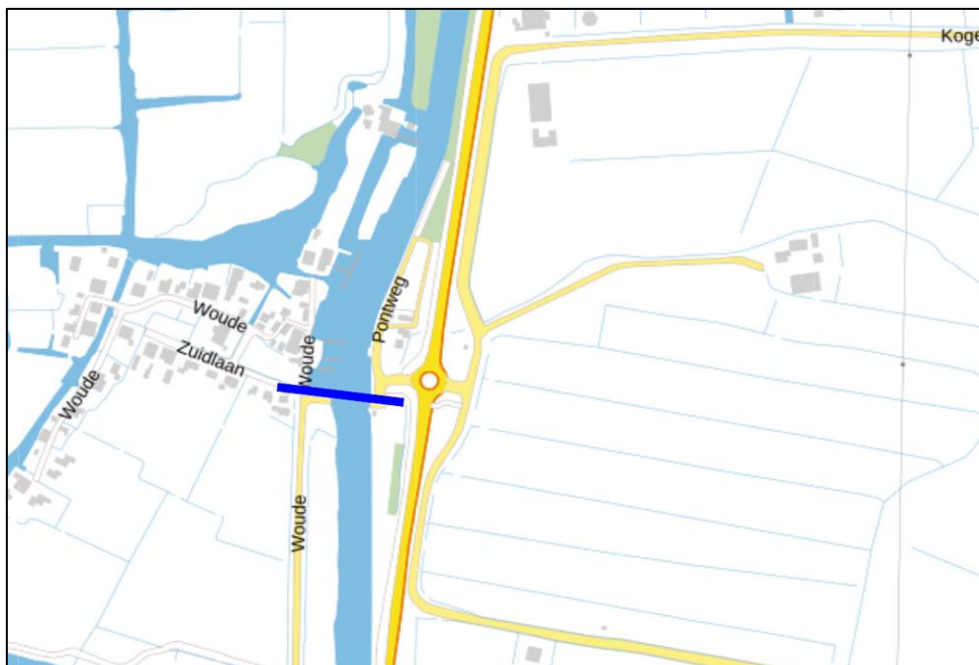


Inleiding

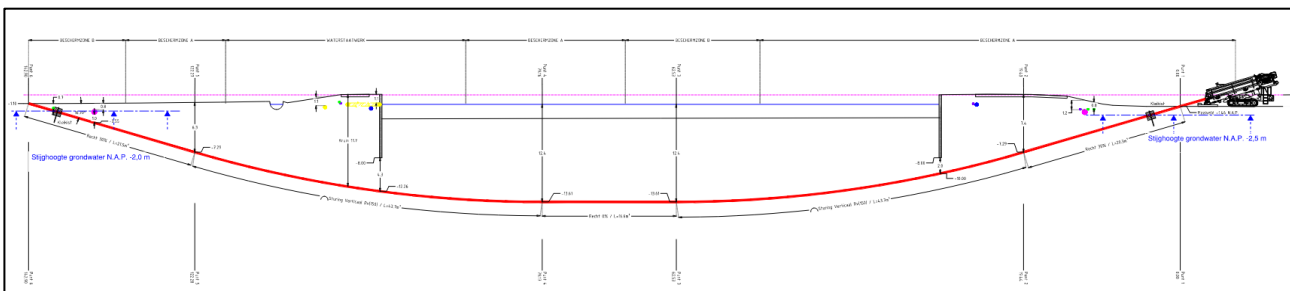
Het is noodzakelijk om met een horizontaal gestuurde boring een kanaal te kruisen.

Samenstelling boring : Bundelboring (1 x 110 mm + 2 x 200 mm)

Volgens de NEN 3650 / NEN 3651 dient gecontroleerd te worden of er meer kwel kan optreden als gevolg van de boring in vergelijking met de bestaande kwelsituatie.



Locatie van de te maken boring (fictief voorbeeld)



Dwarsprofiel geprojecteerde boring

Lengte boring / kromtestralen / samenstelling

Lengte boring (langs boorlijn)	L	=	163,05	m
Kromtestraal neergaande bocht (vlak bij intredepunt)	R ₁	=	150,00	m
Kromtestraal opgaande bocht (vlak bij uitredepunt)	R ₂	=	150,00	m
Kromtestraal gecombineerde bocht	R _c	=	0,00	m

Uitwendige diameters verschillende buizen

Uitwendige middellijn buis nr. 1	#1	=	200,00	mm
Uitwendige middellijn buis nr. 2	#2	=	110,00	mm
Uitwendige middellijn buis nr. 3	#3	=	110,00	mm
Uitwendige middellijn buis nr. 4	#4	=	0,00	mm
Fictieve diameter enkele buis of bij bundelboring	D _e	=	253,38	mm



Vergunningverlenende instanties en voorschriften

Voor deze boring is vergunning vereist van het waterschap XXX.

Bij het maken van het ontwerp is rekening gehouden met de Richtlijn Boortechnieken 2019 en de NEN 3650-serie. Er zijn 2 sonderingen gemaakt door een geotechnisch bureau.

Bestaande infrastructuur

Bij het maken van het ontwerp van de HDD is het van belang om zowel de ondergrondse -en de bovengrondse infrastructuur in beeld te brengen. Om de ondergrondse infrastructuur in beeld te krijgen is een Klic oriëntatieonderzoek gedaan. Met de Klic gegevens is rekening gehouden bij het uitwerken van het boorprofiel.

Bijzonderheden

Horizontaal gestuurde boring. Lengte (langs de boorlijn) : 163,05 m

Uitwendige middellijn / fictieve middellijn (indien bundel) : 253,38 mm

Voor de boring zijn twee sonderingen uitgevoerd. Deze zijn gebruikt om de weegfactor CL te bepalen.

Uitvoeringsaspecten

Om de horizontaal gestuurde boring uit te kunnen voeren wordt gebruik gemaakt van een boorstelling.

De kromtestraal van de neergaande bocht R_1 : 150 m

De kromtestraal van de opgaande bocht R_2 : 150 m

Geen extra horizontale of gecombineerde bocht

Gegevens waterpeilen/stijghoogten

Waterpeilen bij intredepunt

Zomerpeil	ZP	N.A.P.	-2,40 m
-----------	----	--------	---------

Winterpeil	WP	N.A.P.	-2,40 m
------------	----	--------	---------

Polderpeil	PP	N.A.P.	-2,40 m
------------	----	--------	---------

Stijghoogte grondwater	Stijghoogte Intrede	N.A.P.	-2,50 m
------------------------	---------------------	--------	---------

Waterpeil kanaal/watergang	Kanaalpeil	N.A.P.	-0,50 m
-----------------------------------	------------	--------	---------

Waterpeilen bij uittredepunt

Zomerpeil	ZP	N.A.P.	-1,45 m
-----------	----	--------	---------

Winterpeil	WP	N.A.P.	-1,45 m
------------	----	--------	---------

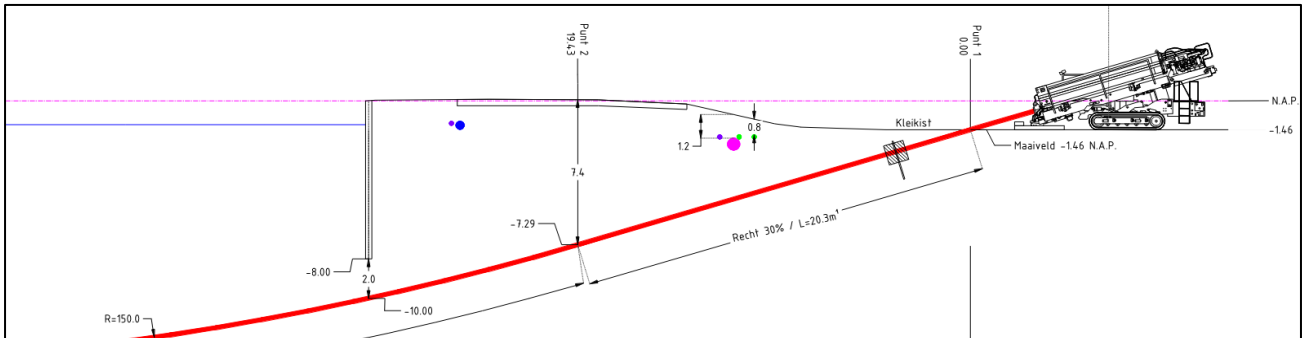
Polderpeil	PP	N.A.P.	-1,45 m
------------	----	--------	---------

Stijghoogte grondwater	Stijghoogte Uittrede	N.A.P.	-2,00 m
------------------------	----------------------	--------	---------

N.b. Voor uitleg over de stijghoogte ter plaatse zie bijlage A van dit rapport

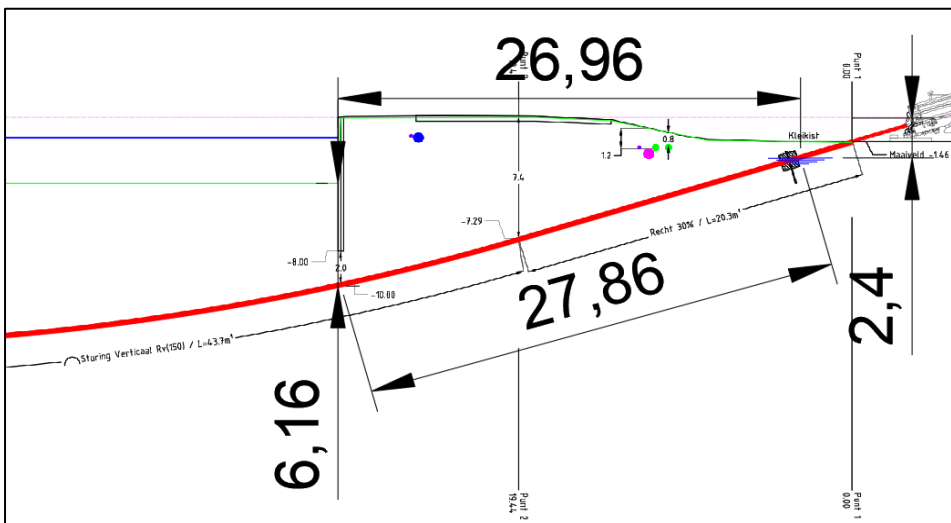


Kwelbeschouwing nabij intredepunt



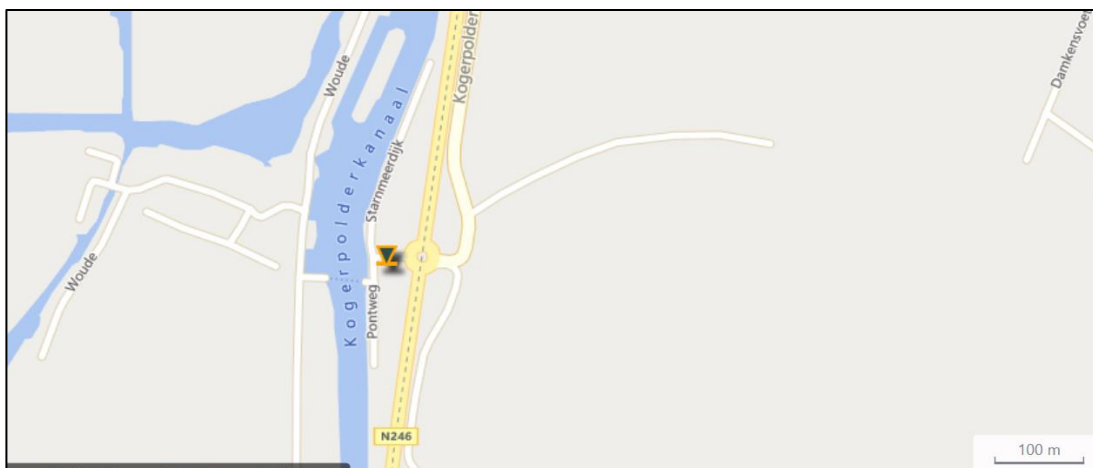
Situatie nabij intredepunt

Lengte natuurlijke verticale kwelweg	Σl_{vo}	=	0,00	m
Lengte natuurlijke horizontale kwelweg	Σl_{ho}	=	26,96	m
Lengte alternatieve verticale kwelweg	Σl_{v1}	=	6,16	m
Lengte alternatieve horizontale kwelweg	Σl_{h1}	=	27,86	m

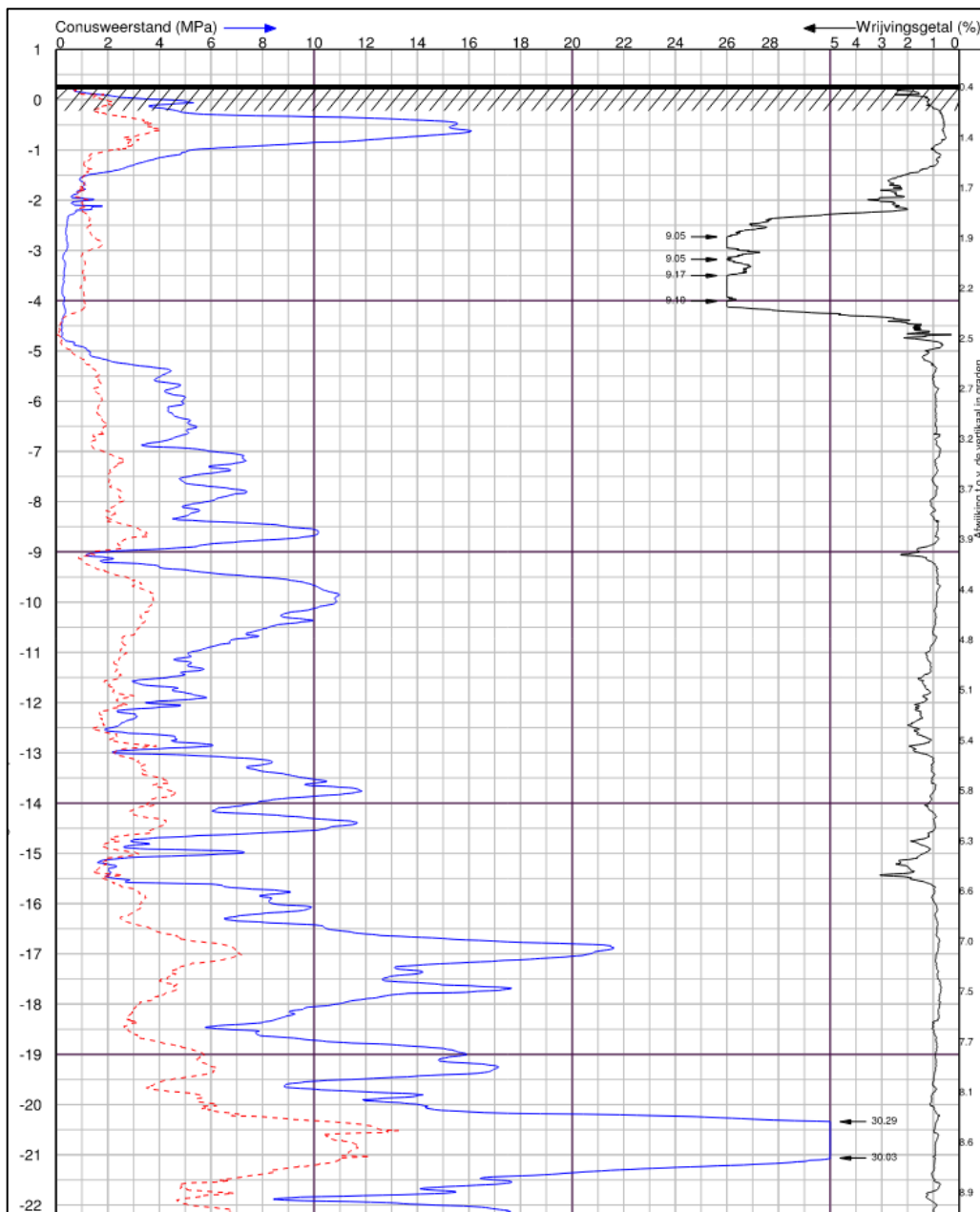


Overzicht verschillende kwelwegen intredepunt

Grondgegevens nabij intredepunt



Locatie sondering nabij intredepunt



Sondering nabij intredepunt

Conclusie: bij deze waterkering is sprake van klei/veen op zand.

Klei op zand

De ondergrond is dus doorlatender dan de waterkering.

Weegfactor (0 - 1/2)

= 0,167

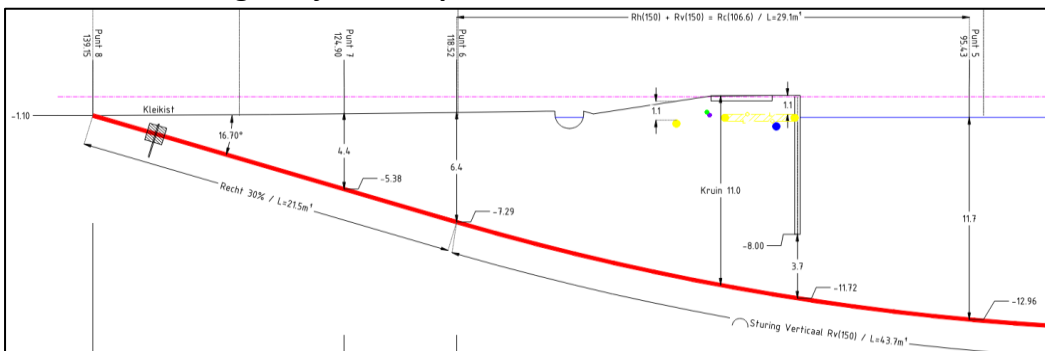
Gewogen Creep-factor (grondsoort afhankelijk)

= 5,5

Invoerparameters kwelwegberekening richting intredepunt

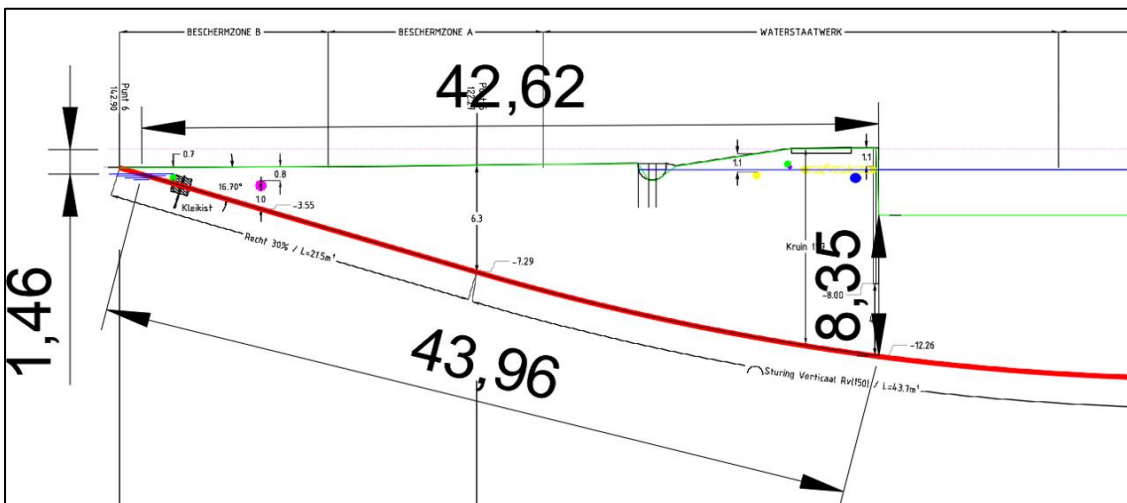


Kwelbeschuwing nabij uittredepunt



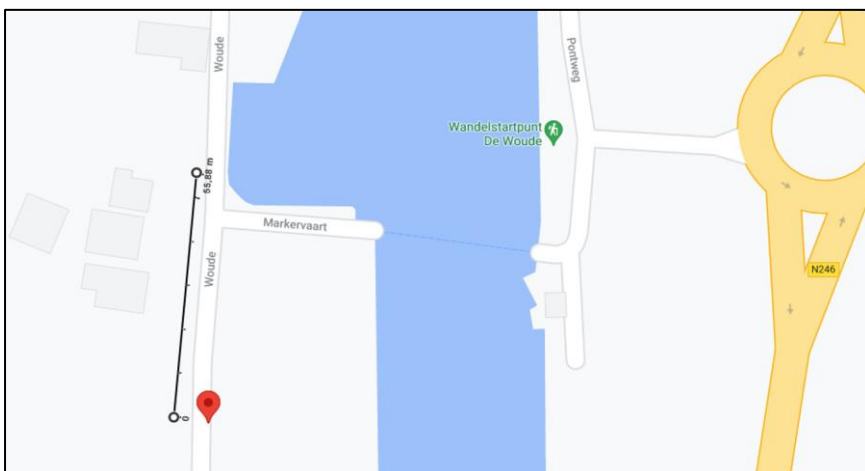
Situatie nabij uittredepunt

Lengte natuurlijke verticale kwelweg	Σl_{vo}	=	0,00	m
Lengte natuurlijke horizontale kwelweg	Σl_{ho}	=	42,62	m
Lengte alternatieve verticale kwelweg	Σl_{v2}	=	8,35	m
Lengte alternatieve horizontale kwelweg	Σl_{h2}	=	43,96	m

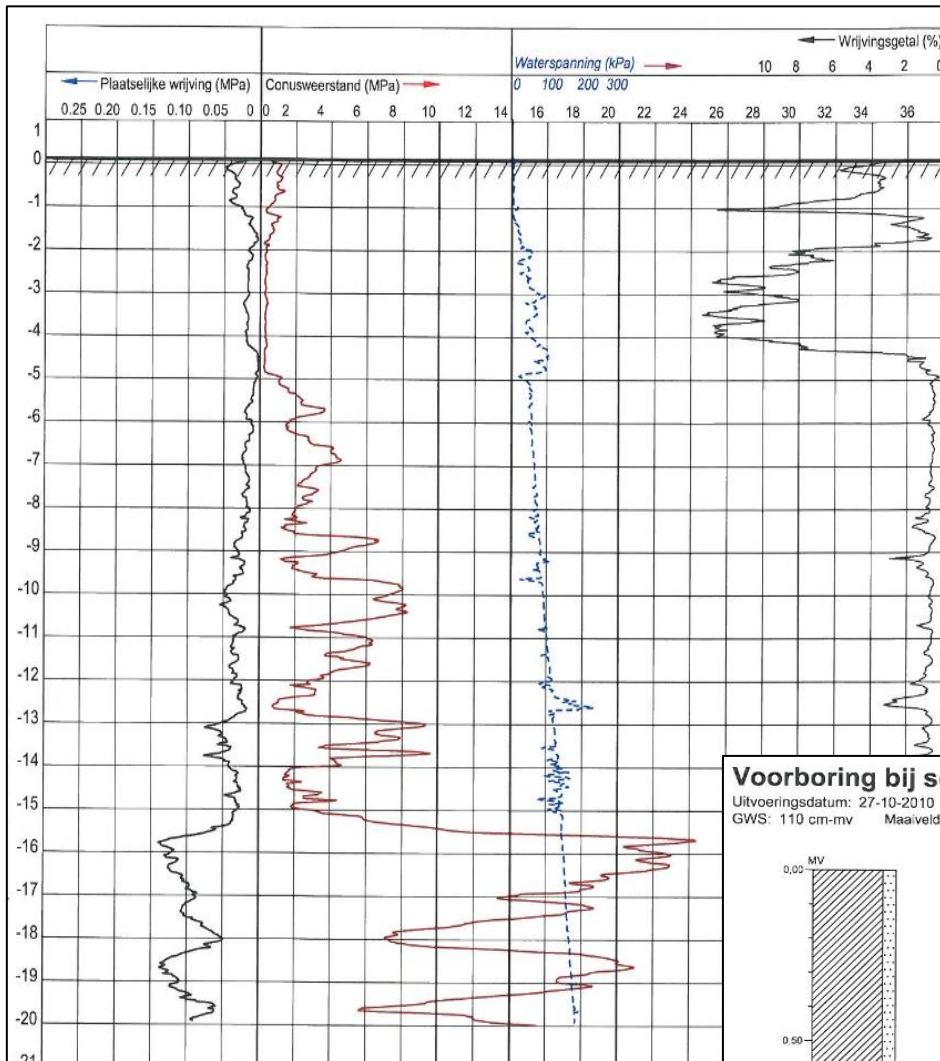


Overzicht verschillende kwelwegen uittredepunt

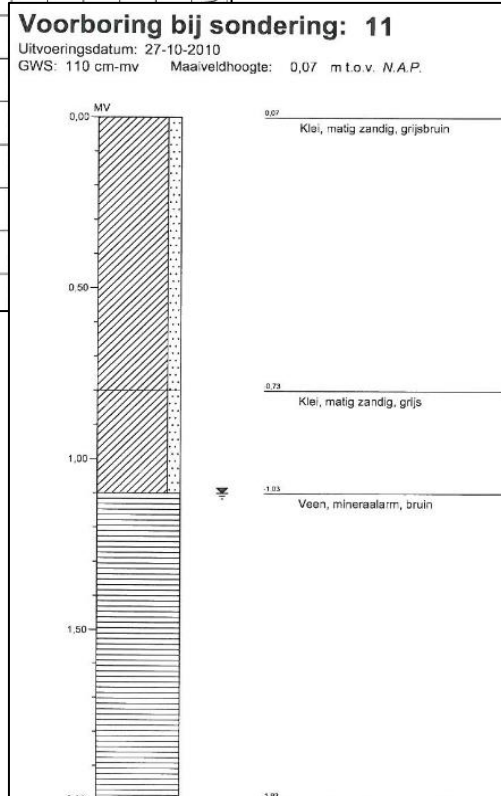
Grondgegevens nabij uittredepunt



Locatie sondering nabij uittredepunt



Sondering nabij uittredepunt



Conclusie: bij deze waterkering is sprake van klei/veen op zand.

Klei op zand

De ondergrond is dus doorlatender dan de waterkering.

Gewogen Creep-factor (grondsoort afhankelijk)

= 5,500

Weegfactor (0 - 1/2)

= 0,167

Invoerparameters kwelwegberekening richting uittredepunt



Toetsen op kwel conform NEN 3650 / NEN 3651

Na het voltooiën van de intrekoperatie zal door het teruglopen van de overdruk in de boorgang de omringende grond iets worden teruggedrukt. Het vrije water in de bentoniet-boorspoeling zal daardoor voor een gedeelte worden uitgeperst (consolidatie).

In het zand zal reeds tijdens het boren het vrije water worden uitgeperst waardoor een filter-“cake” tegen de wand van de boorgang ontstaat. Na verloop van tijd zullen de tijdens het boorproces eventueel optredende wateroverspanningen zijn verdwenen. In slappe gronden zal op de lange duur door kruip van de grond, wanneer de leiding geen verplaatsing ten opzichte van de grond ondergaat, rondom de leiding de natuurlijke korrelspanning gaan heersen. In verband met dit kruipgedrag van slappe gronden wordt verwacht dat er op de lange duur ook geen doorgaande (in de lengterichting van de leiding) holle ruimten zullen zijn tussen het opgestijfde mengsel van bentoniet en losgeboorde grond en de leiding of de omringende slappe grond.

Er worden vier kwelwegen beschouwd

1. De natuurlijke kwelweg vanuit het kanaal naar het inttredepunt.
2. Kwel vanuit het kanaal langs de boring richting het inttredepunt.
3. De natuurlijke kwelweg vanuit het kanaal naar het uittredepunt.
4. Kwel vanuit het kanaal langs de boring richting het uittredepunt.

Overzicht mogelijke kwelwegen

Uit de toetsing/kwelwegberekening (volgens de norm NEN 3651 Bijlage D) kan blijken dat er een kans is op kwel op middellange termijn. Wanneer een kwelremmende voorziening wordt aangebracht in de vorm van een kleikist of kwelscherm, of een combinatie hiervan is dit risico niet aanwezig.

De kleikist dient ter weerszijden van de leiding 0,5 m breed te zijn. Tevens zou een uithardende en afsluitende boorvloeistof of chemische injectie toegepast kunnen worden.



Resultaten kwelwegberekening richting intredepunt

Vanaf kanaal richting intredepunt (Absolute toetsing):

$$C_L = 5,5$$

$$h = 1,9 \text{ m}$$

$$\Sigma L_{h1} = 27,86 \text{ m}$$

$$\Sigma L_{v1} = 6,16 \text{ m}$$

$$C_L \cdot h \leq \Sigma L_{v1} + \Sigma 1/3 \cdot L_{h1}$$

$$5,5 \cdot 1,9 \leq 6,16 + 1/3 \cdot 27,86$$

$$10,45 \leq 15,45 \rightarrow \textbf{Voldoet}$$

Kwelwegberekening kanaal-inttredepunt (absolute toetsing)

Vanaf kanaal richting intredepunt (Relatieve toetsing):

$$\Sigma L_{ho} = 26,96 \text{ m}$$

$$\Sigma L_{vo} = 0,0 \text{ m}$$

$$1/2 > \alpha > 1/6$$

$$\Sigma L_{vo} + \Sigma 1/3 \cdot L_{ho} \leq \Sigma L_{v1} + \Sigma \alpha \cdot L_{h1}$$

$$\alpha = 1/2 \rightarrow 0,0 + 1/3 \cdot 26,96 \leq 6,16 + 1/2 \cdot 27,86$$

$$8,99 \leq 20,09 \rightarrow \textbf{Voldoet}$$

$$\alpha = 1/3 \rightarrow 0,0 + 1/3 \cdot 26,96 \leq 6,16 + 1/3 \cdot 27,86$$

$$8,99 \leq 15,45 \rightarrow \textbf{Voldoet}$$

$$\alpha = 1/5 \rightarrow 0,0 + 1/3 \cdot 26,96 \leq 6,16 + 1/5 \cdot 27,86$$

$$8,99 \leq 11,73 \rightarrow \textbf{Voldoet}$$

$$\alpha = 1/6 \rightarrow 0,0 + 1/3 \cdot 26,96 \leq 6,16 + 1/6 \cdot 27,86$$

$$8,99 \leq 10,80 \rightarrow \textbf{Voldoet}$$

Kwelwegberekening kanaal-inttredepunt (relatieve toetsing)

Alles voldoet: geen aanvullende voorzieningen nodig.



Resultaten kwelwegberekening richting uittredepunt

Vanaf kanaal richting uittredepunt (Absolute toetsing):

$$C_L = 5,5$$

$$h = 0,96 \text{ m}$$

$$\Sigma L_{h2} = 43,96 \text{ m}$$

$$\Sigma L_{v2} = 8,35 \text{ m}$$

$$C_L \cdot h \leq \Sigma L_{v2} + \Sigma 1/3 \cdot L_{h2}$$

$$5,5 \cdot 0,96 \leq 8,35 + 1/3 \cdot 43,96$$

$$5,28 \leq 23,00 \rightarrow \textbf{Voldoet}$$

Kwelwegberekening kanaal-uittredepunt (absolute toetsing)

Vanaf kanaal richting uittredepunt (Relatieve toetsing):

$$\Sigma L_{ho} = 42,62 \text{ m}$$

$$\Sigma L_{vo} = 0 \text{ m}$$

$$1/2 > \alpha > 1/6$$

$$\Sigma L_{vo} + \Sigma 1/3 \cdot L_{ho} \leq \Sigma L_{v2} + \Sigma \alpha \cdot L_{h2}$$

$$\alpha = 1/2 \rightarrow 0 + 1/3 \cdot 42,62 \leq 8,35 + 1/2 \cdot 43,96$$

$$14,21 \leq 30,33 \rightarrow \textbf{Voldoet}$$

$$\alpha = 1/3 \rightarrow 0 + 1/3 \cdot 42,62 \leq 8,35 + 1/3 \cdot 43,96$$

$$14,21 \leq 23,00 \rightarrow \textbf{Voldoet}$$

$$\alpha = 1/5 \rightarrow 0 + 1/3 \cdot 42,62 \leq 8,35 + 1/5 \cdot 43,96$$

$$14,21 \leq 17,14 \rightarrow \textbf{Voldoet}$$

$$\alpha = 1/6 \rightarrow 0 + 1/3 \cdot 42,62 \leq 8,35 + 1/6 \cdot 43,96$$

$$14,21 \leq 15,68 \rightarrow \textbf{Voldoet}$$

Kwelwegberekening kanaal-uittredepunt (relatieve toetsing)

Alles voldoet: geen aanvullende voorzieningen nodig.

Berekening kwelwegen volgens NEN 3650:2020

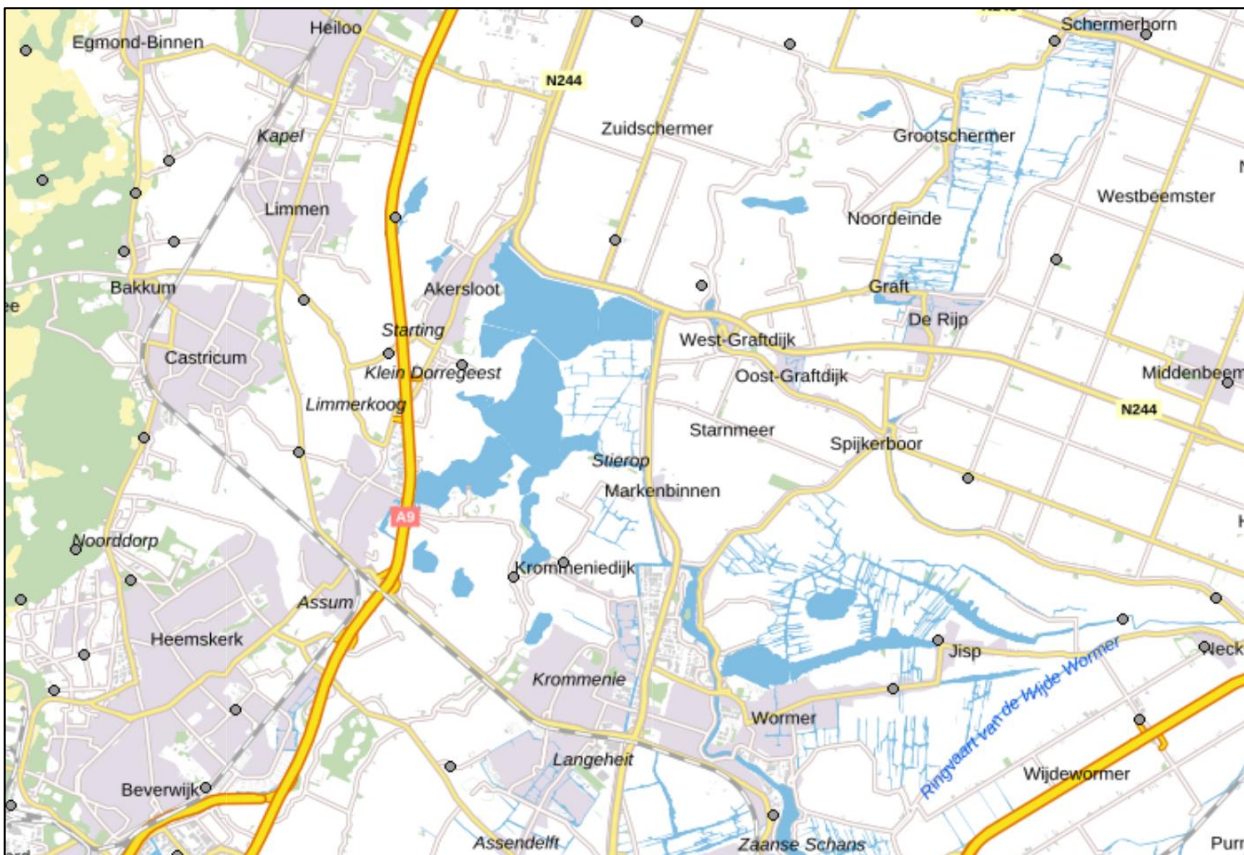
Naam van het project : HDD Kruising met kanaal X

Projectonderdeel : Bundelboring (1 x 110 mm + 2 x 200 mm)

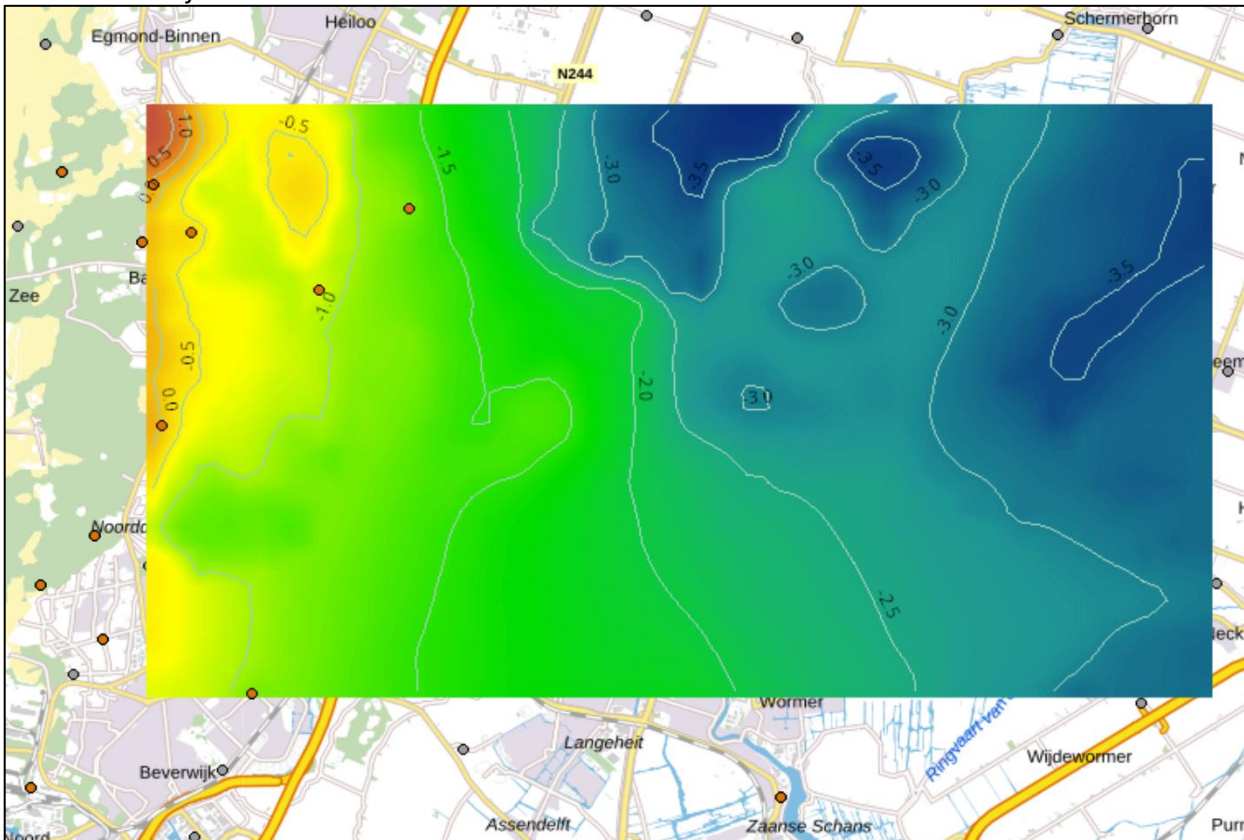
Bijlage A : Stijghoogten volgens TNO



Stijghoogten volgens TNO



Peilbuizen nabij de boorlocatie



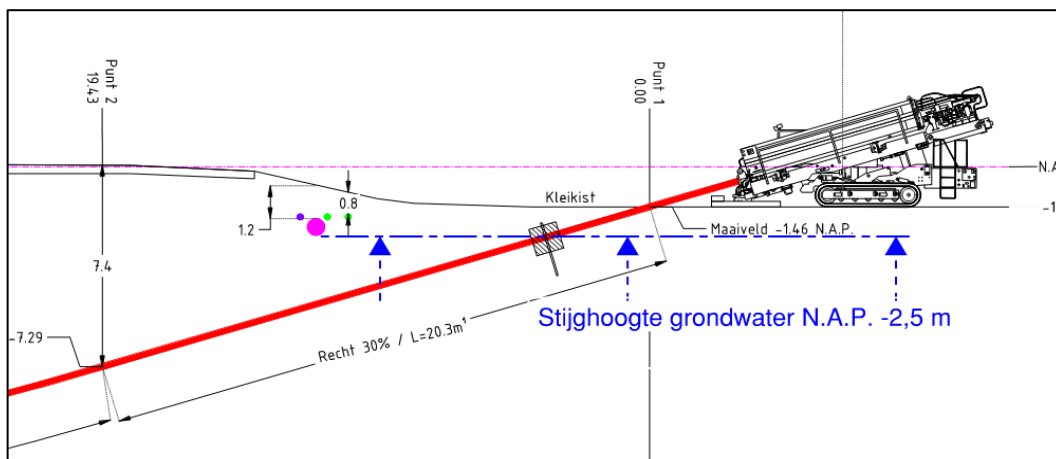
Stijghoogten grondwater nabij te kruisen kanaal

Berekening kwelwegen volgens NEN 3650:2020

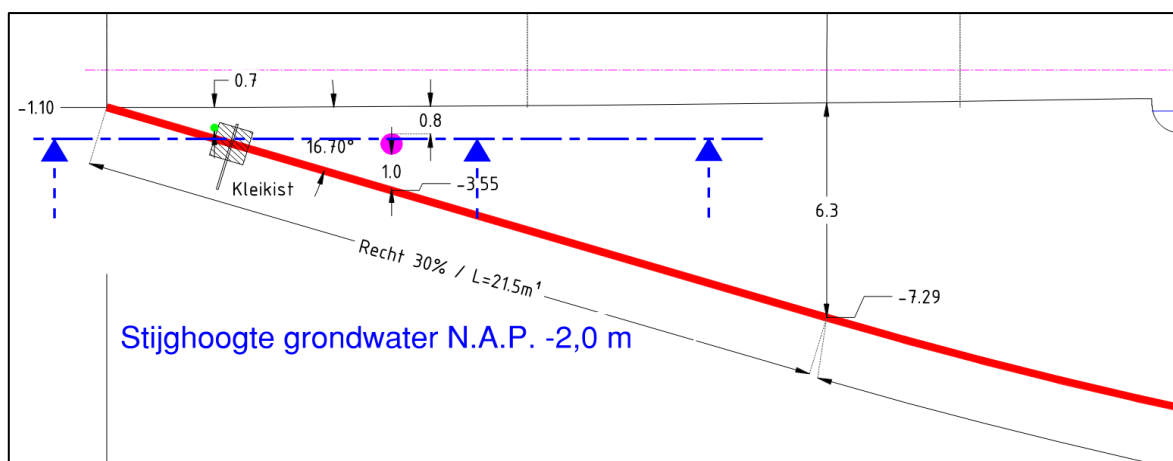
Naam van het project : HDD Kruising met kanaal X

Projectonderdeel : Bundelboring (1 x 110 mm + 2 x 200 mm)

Bijlage A : Stijghoogten volgens TNO



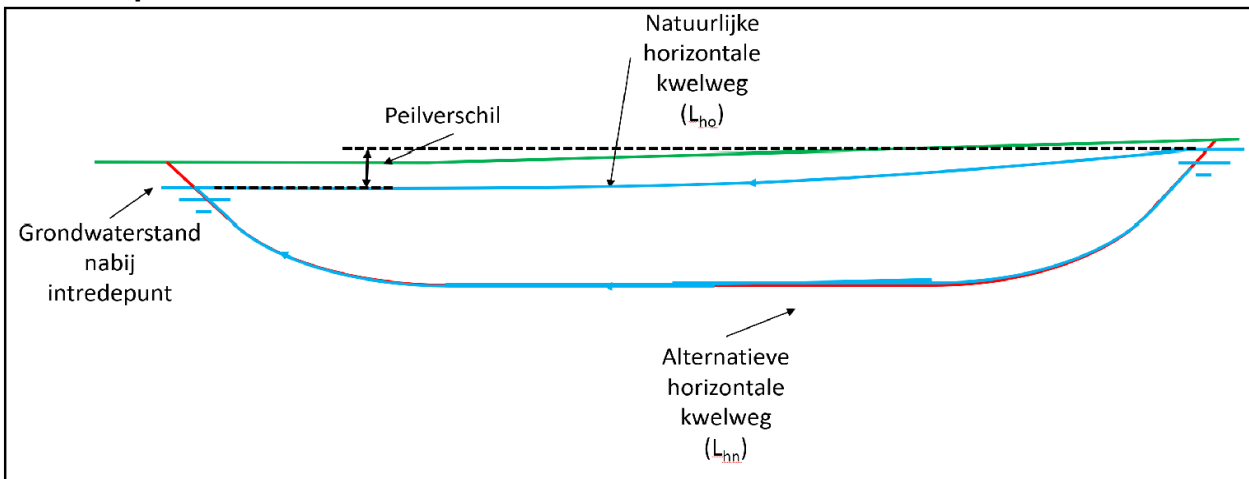
Stijghoogte nabij intredepunt



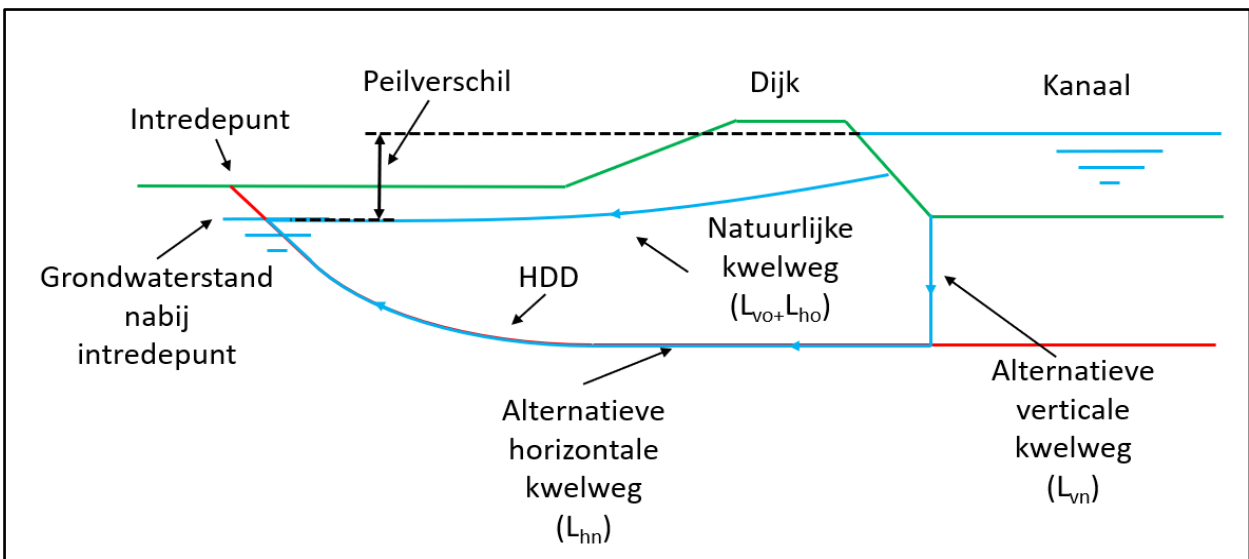
Stijghoogte nabij uitredepunt



Risico op kwel



Algemeen principe kwelweg bij wegkruising: hoog water aan rechterzijde, laag water aan linkerzijde



Algemeen principe kwelweg bij kanaalkruising: rechts hoog water, links laag water



Type waterkering/grondslag	Weegfactor(en)	Opmerking
Rivierwaterkering		
Ondergrond doorlatender dan de dijk (klei op zand)	$\frac{1}{6}$	
Ondergrond even doorlatend als de dijk (klei op klei of zand op zand)	$\frac{1}{6}$	HDD niet toepassen!
Ondergrond minder doorlatend dan de dijk (zand op klei)	$\frac{1}{6}$	
Ondergrond minder doorlatend dan de dijk (zand op veen)	$\frac{1}{10}$ of $\frac{1}{5}$ (veen)	
Boezemwaterkering annex kaden		
Ondergrond en kade even doorlatend (beide veen)	$\frac{1}{2}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{10}$	
Ondergrond en kade even doorlatend (beide klei)	$\frac{1}{6}$	
Ondergrond doorlatender dan de kade (klei op veen)	$\frac{1}{5}$, $\frac{1}{10}$ en $\frac{1}{2}$ aan de basis (veen)	Komt weinig voor
Ondergrond minder doorlatend dan de kade (veen op klei)	$\frac{1}{2}$	

Weegfactoren NPR 3659

C_L is een grondsoortafhankelijke factor, die zowel de doorlatendheid als de bestandheid tegen erosie (korrelgrootte of cohesie) representeert:

zeer fijn zand of slib: $C_L = 8,5$;

fijn zand: $C_L = 7$;

grof zand: $C_L = 5$;

fijn grind: $C_L = 4$;

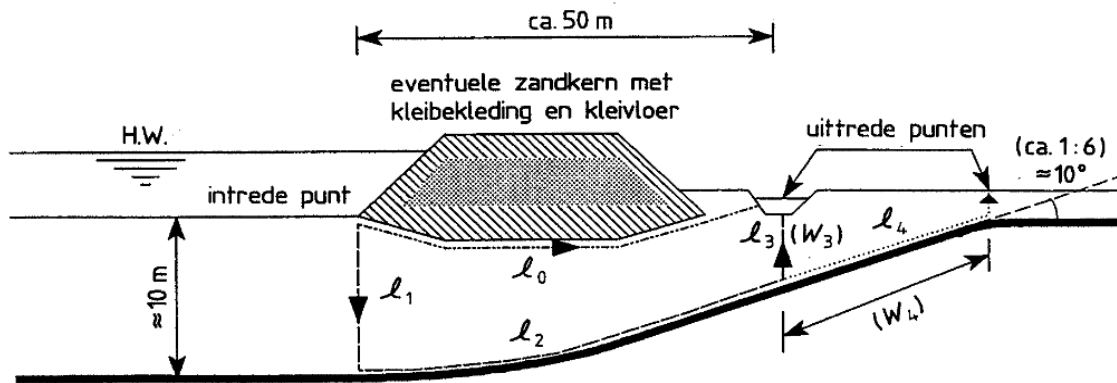
grof grind met stenen: $C_L = 3$;

zachte klei: $C_L = 3$;

harde klei : $C_L = 1,8$;

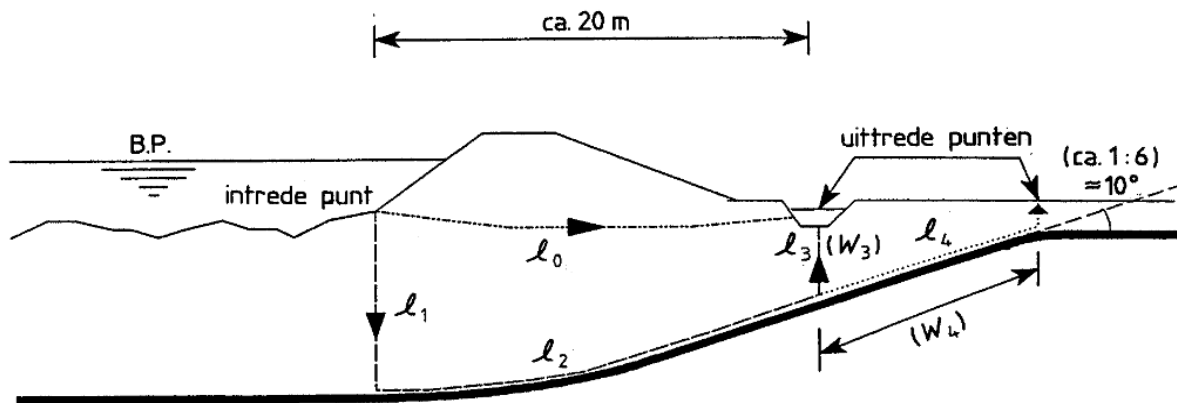
veen: $C_L = 6$ (aanname);

Overzicht van grondsoortafhankelijke factor C_L



- kortste kwelweg, natuurlijke toestand
(over de volledige lengte $< 45^\circ$, d.w.z. factor $\frac{1}{3}$)
- alternatieve kwelweg, bij optionele aanname b)
(weerstand $W_4 = \frac{6}{3} W_3 = 2 W_3$; hierdoor wordt l_3 kritisch)
- alternatieve kwelweg, bij optionele aanname a)
(weerstand $W_4 = 0 < W_3$; hierdoor wordt l_4 kritisch)

Langsloopheid bij rivierkruisingen



- kortste kwelweg, natuurlijke toestand
- alternatieve kwelweg, bij optionele aanname b)
- alternatieve kwelweg, bij optionele aanname a)

Langsloopheid bij boezemwaterkeringen annex kaden