

Trekkrachten HDD berekenen met Sigma 2022 versie 1.0

- Enkele buis PE Ø 200 mm
- Bundel met 4 buizen PE Ø 200 mm

Korte uitleg over veranderingen
ten opzichte van vorige versies
van het programma Sigma.

Algemene gegevens		Boorprofiel
^ Samenstelling boring ☒ Enkele buis of bundel ☐ Mediumbuis in mantelbuis ^ Omstandigheden bovengronds ☒ Boring ligt op maaiveld ☐ Boring ligt op rollenbaan ^ Omstandigheden ondergronds ☒ Enkele buis (of mediumbuis in mantelbuis) ☐ Samengestelde bundel ☐ Moeilijke omstandigheden		
^ Leiding- en materiaalgegevens (Mediumleiding) Materialaal PE Kwaliteit PE 100 Uitwendige middellijn [mm] 200,0_ Wanddikte [mm] 18,2_ Dikte bekleding [mm] 0,0_ ^ Gegevens boorstang Diameter boorstang [mm] 114,3_		
^ Medium (Mediumleiding) Medium ☐ Vloeistof ☐ Gas ☒ Drukloos ^ Vulling tijdens intrekken Gewicht vulling/extra gewicht op rollenbaan [N/mm] 0,0_ Gewicht vulling/extra gewicht tpv boorgang [N/mm] 0,0_		
^ Variabele onzekerheids- en wrijvingsfactoren Onz. factor bij normale boring 1,4_ Belastingfactor, ondergronds 1,4_ Belastingfactor, bovengronds 1,1_ Wrijvingscoëff. zonder rollenbaan 0,3_ Wrijving tussen leiding/boorvloeistof [N/mm²] 0,00005 Wrijving tussen leiding/boorgangwand 0,2_ Percentage van effectieve limietdruk [%] 90,0_ Onzekerheidsfactor straal, ondergronds 0,9_		

Invoer tabblad 1:

- Enkele buis
- Boring ligt op maaiveld
- Onzekerheidsfactoren conform NEN 3650/3651



Boorprofiel

			Langs de buis	Horizontaal				Langs de buis	Horizontaal
Intrede-hoek (bij boorstelling) [°]	17,0	Lengte 1e rechte deel L1 [m]	40,0	38,25	Lengte na 1e deel [m]	40,00	38,25		
Uittrede-hoek (bij rollenbaan) [°]	17,0	Lengte neergaande bocht L2 [m]	74,18	73,09	Lengte na 2e deel [m]	114,18	111,34		
Straal maaiveld/rollenbaan [m]	100,0	Lengte 2e rechte deel L3 [m]	350,0	350,0	Lengte na 3e deel [m]	464,18	461,34		
Straal neergaande bocht R1 [m]	250,0	Lengte opgaande bocht L4 [m]	74,18	73,09	Lengte na 4e deel [m]	538,36	534,43		
Straal opgaande bocht R2 [m]	250,0	Lengte 3e rechte deel L5 [m]	40,0	38,25	Totale lengte [m]	578,36	572,68		

 Opleghoeken

Belastinghoek [°]	180	▼
Ondersteuningshoek [°]	120	▼

Partiële factor

Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd

Doorsneden

Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Horizontale afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiaveld [m]	Grondwater	G.W.S. t.o.v. maaiaveld [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]	Inwendige wrijvings- hoek grond [°]	Effectieve cohesie [kN/m²]	E-modulus ondergrond [MN/m²]	Gem. vert. bedding- constante [N/mm³]	Verkeersbelasting	Horizontale steundruk
1e rechte deel	40,0	38,25	12,0	☑	2,0	Klei ▼	17,0	17,0	17,5	5,0	2,0	0,0028	Grafiek ½ x II ▼	☐
Neergaande bocht	114,18	111,34	23,0	☑	2,0	Klei ▼	17,0	17,0	17,5	5,0	2,0	0,0028	Grafiek II ▼	☐
2e rechte deel	289,18	286,34	23,0	☑	2,0	Klei ▼	17,0	17,0	17,5	5,0	2,0	0,0028	Grafiek I ▼	☐
Opgaande bocht	464,18	461,34	23,0	☑	2,0	Klei ▼	17,0	17,0	17,5	5,0	2,0	0,0028	Grafiek II ▼	☐
3e rechte deel	538,36	534,43	12,0	☑	2,0	Klei ▼	17,0	17,0	17,5	5,0	2,0	0,0028	Grafiek ½ x II ▼	☐

⬆️ Profielschets

The diagram illustrates the vertical alignment of a road. It features a horizontal axis with several labeled sections: 'In' (start), '1e rechte deel' (first straight section), 'Neergaande bocht' (downward curve), '2e rechte deel' (second straight section), 'Opgaande bocht' (upward curve), '3e rechte deel' (third straight section), and 'Uit' (end). A red line represents the road's profile, which dips during the downward curve and rises during the upward curve. A dashed blue line indicates a constant reference level. A toolbar on the left includes icons for a profile sketch, a document, a zoom in/out tool, and a checkmark.

Invoer tabblad 2:

- Gegevens boorprofiel
- Opleghoeken (afhankelijk van enkele of meerder buizen)
- Parameters per doorsnede
- Schets boorprofiel

4.2 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekrachten op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_1 [N]	σ_t [N/mm ²]
Starten met trekken	24.114	2,32
Na intrekken van L_5	22.446	2,16
Na intrekken van $L_5 + L_4$	19.353	1,86
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	4.761	0,46
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	1.668	0,16

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{10.394,78}$$

4.3 Berekening van de optredende spanning t.g.v. kromming van de leiding op rollenbaan/maaiveld

$$M_b = f_{k,b} \cdot E \cdot \frac{I_b}{R_r}$$

$$M_b = 1,1 \cdot 975 \cdot \frac{43.375.426}{100.000} = 465.201,44 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{465.201,44}{433.754} = \mathbf{1,07 \text{ N/mm}^2}$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	σ_t [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	2,32	3,02
Na intrekken van L_5	2,16	2,86
Na intrekken van $L_5 + L_4$	1,86	2,56
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	0,46	1,16
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	0,16	0,86

5.1 Berekening van de vereiste trekkracht T_2 en T_{3a} in verband met wrijving tussen leiding en boorvloeistof/boorgangwand

Tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat treedt er wrijving op tussen de leiding en boorvloeistof.

100% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet.

Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 628,32 \text{ mm}^1$

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,0993 \text{ N/mm}^1$

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_{m,i} \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 200,00^2 \cdot \pi/4 = 0,361 \text{ N/mm}^1$

Gelet hierop is $g_{eff} = |g_{gat} - g_{opw}| = 0,262 \text{ N/mm}^1$

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
Na intrekken van L_5	40,00	4.694	-
Na intrekken van $L_5 + L_4$	114,18	-	13.399
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	464,18	54.470	-
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	538,36	-	63.174
Geheel ingetrokken	578,36	67.868	-

Bij een enkele buis is sprake van 100% wrijving met boorspoeling.

Bij meerdere buizen is dat niet het geval.

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,4 \cdot L \cdot (628,32 \cdot 0,00005 + 0,262 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_B \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,4 \cdot L \cdot (628,32 \cdot 0,00005 + 0,262 \cdot 0,2)$

5.4 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,\text{neer}}$ [N]	$T_{3c,\text{neer}}$ [N]	$T_{3b,\text{op}}$ [N]	$T_{3c,\text{op}}$ [N]	T_{tot} [N]
Na intrekken van L_5	22.446	4.694	-	-	-	-	27.140
Na intrekken van $L_5 + L_4$	19.353	13.399	144	1.945	-	-	34.840
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	4.761	54.470	144	1.945	-	-	61.319
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	1.668	63.174	144	1.945	144	3.851	70.925
Geheel ingetrokken	0	67.868	144	1.945	144	3.851	73.951

$$T_{\text{tot}} = T_1 + T_2 + T_{3a} + T_{3b,\text{neer,max}} + T_{3c,\text{neer}} + T_{3b,\text{op,max}} + T_{3c,\text{op}}$$

Overzicht van de trekkrachten tijdens het intrekken op de buis: deze berekening is van belang om de spanningen in de buis t.g.v. het intrekken te berekenen.

5.5 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

NIEUW SINDS 11-3-2022

Wanneer geen totaalfactor wordt toegepast ($f = 1$), gelden de volgende karakteristieke waarden voor de trekkrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,\text{neer}}$ [N]	$T_{3c,\text{neer}}$ [N]	$T_{3b,\text{op}}$ [N]	$T_{3c,\text{op}}$ [N]	T_{tot} [N]
Na intrekken van L_5	16.033	3.353	-	-	-	-	19.386
Na intrekken van $L_5 + L_4$	13.824	9.570	103	1.389	-	-	24.886
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	3.400	38.907	103	1.389	-	-	43.799
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	1.191	45.125	103	1.389	103	2.750	50.661
Geheel ingetrokken	0	48.477	103	1.389	103	2.750	52.822

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **52.822 N ($\approx 5,3$ ton)**.

Volgens het voorschrift van de Drilling Contractors Association (DCA - Europe) wordt een boormachine voorgeschreven met een trekkracht 2 tot 3 keer deze maximale waarde.

Overzicht van de karakteristieke waarden voor de trekkrachten tijdens het intrekken: deze berekening is om te bepalen hoeveel trekkracht de boorstelling minimaal moet hebben.

Algemene gegevens		Boorprofiel	
Samenstelling boring ☒ Enkele buis of bundel ☐ Mediumbuis in mantelbuis		Omstandigheden bovengronds ☒ Boring ligt op maaiveld ☐ Boring ligt op rollenbaan	
		Omstandigheden ondergronds ☐ Enkele buis (of mediumbuis in mantelbuis) ☒ Samengestelde bundel Aantal buizen in de bundel 4 Gekoppelde bundelbuizen? ☐ Ja ☒ Nee ☐ Moeilijke omstandigheden	
Leiding- en materiaalgegevens (Mediumleiding) Materiaal PE Kwaliteit PE 100 Uitwendige middellijn [mm] 200,0_ Wanddikte [mm] 18,2_ Dikte bekleding [mm] 0,0_		Gegevens boorstang Diameter boorstang [mm] 114,3_	
		Vulling tijdens intrekken Gewicht vulling/extra gewicht op rollenbaan [N/mm] 0,0_ Gewicht vulling/extra gewicht tpv boorgang [N/mm] 0,0_	
Medium (Mediumleiding) Medium ☒ Vloeistof ☐ Gas ☐ Drukloos Ontwerpdruk [N/mm²] 0,3_ Volumieke massa medium [kg/m³] 1000,0_ Temperatuurverschil [°C] 10,0_		Variabele onzekerheids- en wrijvingsfactoren Onz. factor bij boring met bundels 1,8_ Belastingfactor, ondergronds 1,4_ Belastingfactor, bovengronds 1,1_ Wrijvingscoëff. zonder rollenbaan 0,3_ Wrijving tussen leiding/boorvloeistof [N/mm²] 0,00005 Wrijving tussen leiding/boorgangwand 0,2_ Percentage van effectieve limietdruk [%] 90,0_ Onzekerheidsfactor straal, ondergronds 0,9_	

Invoer tabblad 1:

- Bundel met 4 buizen
- Buizen zijn onderling niet gekoppeld
- Boring ligt op maaiveld
- Onzekerheidsfactoren conform NEN 3650/3651

Boorprofiel

			Langs de buis	Horizontaal				Langs de buis	Horizontaal
Intrede-hoek (bij boorstelling) [°]	17,0_	Lengte 1e rechte deel L1 [m]	40,0_	38,25	Lengte na 1e deel [m]	40,00	38,25		
Uittrede-hoek (bij rollenbaan) [°]	17,0_	Lengte neergaande bocht L2 [m]	74,18	73,09	Lengte na 2e deel [m]	114,18	111,34		
Straal maaiveld/rollenbaan [m]	100,0_	Lengte 2e rechte deel L3 [m]	350,0_	350,0_	Lengte na 3e deel [m]	464,18	461,34		
Straal neergaande bocht R1 [m]	250,0_	Lengte opgaande bocht L4 [m]	74,18	73,09	Lengte na 4e deel [m]	538,36	534,43		
Straal opgaande bocht R2 [m]	250,0_	Lengte 3e rechte deel L5 [m]	40,0_	38,25	Totale lengte [m]	578,36	572,68		

 Opleghoeken

Belastinghoek [°]	30	▼
Ondersteuningshoek [°]	30	▼

- Partiële factor

Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd ☐ Ja ☒ Nee

⬆️ Doorsneden

	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Horizontale afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]		G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m ³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	Inwendige wrijvings- hoek grond [°]	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Gem. vert. bedding- constante [N/mm ³]	Verkeersbelasting	Horizontale steundruk
1e rechte deel	40,0	38,25	12,0	☒	2,0	Klei ▾	17,0	17,0	17,5	5,0	2,0	0,0028	Grafiek ½ x II ▾	☐
Neergaande bocht	114,18	111,34	23,0	☒	2,0	Klei ▾	17,0	17,0	17,5	5,0	2,0	0,0028	Grafiek II ▾	☐
2e rechte deel	289,18	286,34	23,0	☒	2,0	Klei ▾	17,0	17,0	17,5	5,0	2,0	0,0028	Grafiek I ▾	☐
Opgaande bocht	464,18	461,34	23,0	☒	2,0	Klei ▾	17,0	17,0	17,5	5,0	2,0	0,0028	Grafiek II ▾	☐
3e rechte deel	538,36	534,43	12,0	☒	2,0	Klei ▾	17,0	17,0	17,5	5,0	2,0	0,0028	Grafiek ½ x II ▾	☐

⬆️ Profielschets

The diagram illustrates a road profile with a red line representing the road surface and a dashed blue line representing the horizontal reference level. The profile is divided into seven sections: 'In' (start), '1e rechte deel' (first straight section), 'Neergaande bocht' (downward curve), '2e rechte deel' (second straight section), 'Opgaande bocht' (upward curve), '3e rechte deel' (third straight section), and 'Uit' (end). Vertical dashed lines mark the boundaries between these sections.

Invoer tabblad 2:

- Gegevens boorprofiel
- Opleghoeken bij bundel veranderen (afhankelijk van enkele of meerder buizen)
- Parameters per doorsnede
- Schets boorprofiel

4.2 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekrachten op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_1 [N]	σ_t [N/mm ²]
Starten met trekken	31.003	2,98
Na intrekken van L_5	28.859	2,78
Na intrekken van $L_5 + L_4$	24.883	2,39
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	6.121	0,59
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	2.144	0,21

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{10.394,78}$$

4.3 Berekening van de optredende spanning t.g.v. kromming van de leiding op rollenbaan/maaiveld

$$M_b = f_{k,b} \cdot E \cdot \frac{I_b}{R_r}$$

$$M_b = 1,1 \cdot 975 \cdot \frac{43.375.426}{100.000} = 465.201,44 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{465.201,44}{433.754} = \mathbf{1,07 \text{ N/mm}^2}$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	σ_t [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	2,98	3,68
Na intrekken van L_5	2,78	3,47
Na intrekken van $L_5 + L_4$	2,39	3,09
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	0,59	1,29
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	0,21	0,90

5.1 Berekening van de vereiste trekkracht T_2 en T_{3a} in verband met wrijving tussen leiding en boorvloeistof/boorgangwand

Aantal buizen in de bundel $n = 4$

De bundelbuizen worden niet gekoppeld $\rightarrow f_b = 1/n^{0,3} = 0,660$

Tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat treedt er wrijving op tussen de leiding en boorvloeistof.

66,0% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet.

Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 414,54 \text{ mm}^1$

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,0993 \text{ N/mm}^1$

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_{m,i} \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 200,00^2 \cdot \pi/4 = 0,361 \text{ N/mm}^1$

Gelet hierop is $g_{eff} = |g_{gat} - g_{opw}| = 0,262 \text{ N/mm}^1$

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
Na intrekken van L_5	40,00	5.265	-
Na intrekken van $L_5 + L_4$	114,18	-	15.030
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	464,18	61.101	-
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	538,36	-	70.866
Geheel ingetrokken	578,36	76.131	-

Berekening van de factor f_b .
Bij vier buizen is deze 0,66.

Bij meerdere buizen wordt deze dus lager.

Omtrek wrijvingsvlak wordt daardoor dus minder.

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (414,54 \cdot 0,00005 + 0,262 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_B \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (414,54 \cdot 0,00005 + 0,262 \cdot 0,2)$

5.4 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,\text{neer}}$ [N]	$T_{3c,\text{neer}}$ [N]	$T_{3b,\text{op}}$ [N]	$T_{3c,\text{op}}$ [N]	T_{tot} [N]
Na intrekken van L_5	28.859	5.265	-	-	-	-	34.125
Na intrekken van $L_5 + L_4$	24.883	15.030	185	2.371	-	-	42.468
Na intrekken van $L_5 + L_4$ + L_3	6.121	61.101	185	2.371	-	-	69.777
Na intrekken van $L_5 + L_4$ + $L_3 + L_2$	2.144	70.866	185	2.371	185	4.338	80.089
Geheel ingetrokken	0	76.131	185	2.371	185	4.338	83.210

$$T_{\text{tot}} = T_1 + T_2 + T_{3a} + T_{3b,\text{neer,max}} + T_{3c,\text{neer}} + T_{3b,\text{op,max}} + T_{3c,\text{op}}$$

Overzicht van de trekkrachten tijdens het intrekken op de buis: deze berekening is van belang om de spanningen in de buis t.g.v. het intrekken te berekenen. Bij een bundel is de spanning in de buis hoger dan bij een enkele buis.

5.5 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

NIEUW SINDS 11-3-2022

Wanneer geen totaalfactor wordt toegepast ($f = 1$), gelden de volgende karakteristieke waarden voor de trekkrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,\text{neer}}$ [N]	$T_{3c,\text{neer}}$ [N]	$T_{3b,\text{op}}$ [N]	$T_{3c,\text{op}}$ [N]	T_{tot} [N]
Na intrekken van L_5	16.033	2.925	-	-	-	-	18.958
Na intrekken van $L_5 + L_4$	13.824	8.350	103	1.317	-	-	23.593
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	3.400	33.945	103	1.317	-	-	38.765
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	1.191	39.370	103	1.317	103	2.410	44.494
Geheel ingetrokken	0	42.295	103	1.317	103	2.410	46.228

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **46.228 N ($\approx 4,7$ ton)**.

Volgens het voorschrift van de Drilling Contractors Association (DCA - Europe) wordt een boormachine voorgeschreven met een trekkracht 2 tot 3 keer deze maximale waarde.

Overzicht van de karakteristieke waarden voor de trekkrachten tijdens het intrekken: deze berekening is om te bepalen hoeveel trekkracht de boorstelling minimaal moet hebben. Als er vier buizen ingetrokken worden dan is de totaal benodigde trekkracht dus $4 \times 46.228 \text{ N} = 184.912 \text{ N} = 18,5 \text{ ton}$. De boorstelling moet dan minimaal $2 \times 18,5 \text{ ton}$ kunnen realiseren = 37 ton. Vullen van de leidingen zorgt voor lagere trekkrachten. Dat kan eventueel ook nog worden overwogen. Zie volgende pagina's.

Algemene gegevens		Boorprofiel	
Samenstelling boring ☒ Enkele buis of bundel ☐ Mediumbuis in mantelbuis		Omstandigheden bovengronds ☒ Boring ligt op maaiveld ☐ Boring ligt op rollenbaan	
		Omstandigheden ondergronds ☐ Enkele buis (of mediumbuis in mantelbuis) ☒ Samengestelde bundel Aantal buizen in de bundel 4 Gekoppelde bundelbuizen? ☐ Ja ☒ Nee ☐ Moeilijke omstandigheden	
Leiding- en materiaalgegevens (Mediumleiding) Materiaal PE Kwaliteit PE 100 Uitwendige middellijn [mm] 200,0_ Wanddikte [mm] 18,2_ Dikte bekleding [mm] 0,0_		Gegevens boorstang Diameter boorstang [mm] 114,3_	
		Vulling tijdens intrekken Gewicht vulling/extra gewicht op rollenbaan [N/mm] 0,0_ Gewicht vulling/extra gewicht tpv boorgang [N/mm] 0,210	
Medium (Mediumleiding) Medium ☒ Vloeistof ☐ Gas ☐ Drukloos Ontwerpdruk [N/mm²] 0,3_ Volumieke massa medium [kg/m³] 1000,0_ Temperatuurverschil [°C] 10,0_		Variabele onzekerheids- en wrijvingsfactoren Onz. factor bij boring met bundels 1,8_ Belastingfactor, ondergronds 1,4_ Belastingfactor, bovengronds 1,1_ Wrijvingscoëff. zonder rollenbaan 0,3_ Wrijving tussen leiding/boorvloeistof [N/mm²] 0,00005 Wrijving tussen leiding/boorgangwand 0,2_ Percentage van effectieve limietdruk [%] 90,0_ Onzekerheidsfactor straal, ondergronds 0,9_	

Invoer tabblad 1:

- Bundel met 4 buizen
- Buizen zijn onderling niet gekoppeld
- Leidingen ballasten tijdens intrekken (100% [gebruik rechtermuisknop])
- Boring ligt op maaiveld
- Onzekerheidsfactoren conform NEN 3650/3651

5.1 Berekening van de vereiste trekkracht T_2 en T_{3a} in verband met wrijving tussen leiding en boorvloeistof/boorgangwand

Aantal buizen in de bundel $n = 4$

De bundelbuizen worden niet gekoppeld $\rightarrow f_b = 1/n^{0,3} = 0,660$

Tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat treedt er wrijving op tussen de leiding en boorvloeistof.

66,0% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet.

Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 414,54 \text{ mm}^1$

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,309 \text{ N/mm}^1$

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_{m,i} \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 200,00^2 \cdot \pi/4 = 0,361 \text{ N/mm}^1$

Gelet hierop is $g_{eff} = |g_{gat} - g_{opw}| = 0,0520 \text{ N/mm}^1$

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
Na intrekken van L_5	40,00	2.241	-
Na intrekken van $L_5 + L_4$	114,18	-	6.398
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	464,18	26.009	-
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	538,36	-	30.166
Geheel ingetrokken	578,36	32.407	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (414,54 \cdot 0,00005 + 0,0520 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_B \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (414,54 \cdot 0,00005 + 0,0520 \cdot 0,2)$

Berekening van de factor f_b .
Bij vier buizen is deze 0,66.

Bij meerdere buizen wordt deze dus lager.

Omtrek wrijvingsvlak wordt daardoor dus minder.
Vullen van de buizen betekent aanzienlijke verlaging trekkracht.

5.5 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

NIEUW SINDS 11-3-2022

Wanneer geen totaalfactor wordt toegepast ($f = 1$), gelden de volgende karakteristieke waarden voor de trekkrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,\text{neer}}$ [N]	$T_{3c,\text{neer}}$ [N]	$T_{3b,\text{op}}$ [N]	$T_{3c,\text{op}}$ [N]	T_{tot} [N]
Na intrekken van L_5	16.033	1.245	-	-	-	-	17.278
Na intrekken van $L_5 + L_4$	13.824	3.554	103	1.034	-	-	18.514
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	3.400	14.450	103	1.034	-	-	18.986
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	1.191	16.759	103	1.034	103	1.073	20.262
Geheel ingetrokken	0	18.004	103	1.034	103	1.073	20.316

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **20.316 N ($\approx 2,1$ ton)**.

Volgens het voorschrift van de Drilling Contractors Association (DCA - Europe) wordt een boormachine voorgeschreven met een trekkracht 2 tot 3 keer deze maximale waarde.

Overzicht van de karakteristieke waarden voor de trekkrachten tijdens het intrekken: deze berekening is om te bepalen hoeveel trekkracht de boorstelling minimaal moet hebben. Als er vier buizen ingetrokken worden dan is de totaal benodigde trekkracht dus **$4 \times 20.316 \text{ N} = 82.264 \text{ N} = 8,2 \text{ ton}$** . De boorstelling moet dan minimaal **$2 \times 8,2 \text{ ton}$ kunnen realiseren = 16,2 ton**. Vullen van de leidingen zorgt dus voor lagere trekkrachten.