

Paalpuntniveau

In de tabel worden per sondering de paalpuntniveaus gegeven waarvoor de draagkracht is berekend.

Tabel 1. Paalpuntniveau

Sondering nr.	Hoogte maaiveld ¹⁾ [m tov NAP]	Paalpuntniveau [m tov NAP]
DKM-4	0,92	-7,0 tot -8,0
DKM-5	1,00	-7,0 tot -8,0

1) Niveau ten tijde van onderzoek

Rekenwaarde maximum draagkracht in kN per sondering
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : **Schroefinjectiepaal**

Paalklassefactor punt	: $\alpha_p = 0,35$	Bouwwerk	: niet stijf
Paalvoetvormfactor	: $\beta = 1,0$	Aantal sonderingen	: $N = 1$
Paalvoetdwarsdoorsnedefactor	: $s = 1,0$	ξ -factor	: $\xi_3 = 1,39$; $\xi_4 = 1,39$
Paalklassefactor schacht	: $\alpha_s = 0,008$	Materiaalfactor	: $\gamma_b = \gamma_s = 1,20$
		Belastingsfactor neg.kleef	: $\gamma_{f, nk} = 1,0$

Paalafmeting : **0,200/0,200/0,200 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c;dnetto}$ [kN]	$q_{b,max}$ [MPa]	$R_{b;cal}$ [kN]	$R_{s;cal}$ [kN]	$R_{c;d}$ [kN]	$F_{nk;d}^*$ [kN]
DKM-4	0,92	-7,00	69	3,8	118	50	101	32
		-7,50	98	4,1	129	88	130	32
		-8,00	113	3,7	116	126	145	32
DKM-5	1,00	-7,00	66	3,5	111	47	95	29
		-7,50	98	4,1	129	84	127	29
		-8,00	113	3,7	116	121	142	29

Paalafmeting : **0,250/0,250/0,250 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c;dnetto}$ [kN]	$q_{b,max}$ [MPa]	$R_{b;cal}$ [kN]	$R_{s;cal}$ [kN]	$R_{c;d}$ [kN]	$F_{nk;d}^*$ [kN]
DKM-4	0,92	-7,00	103	3,6	175	63	143	40
		-7,50	135	3,7	182	110	175	40
		-8,00	156	3,4	169	157	195	40
DKM-5	1,00	-7,00	98	3,4	165	59	134	36
		-7,50	136	3,7	182	105	172	36
		-8,00	160	3,6	176	152	197	36

Paalafmeting : **0,300/0,300/0,300 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c;dnetto}$ [kN]	$q_{b,max}$ [MPa]	$R_{b;cal}$ [kN]	$R_{s;cal}$ [kN]	$R_{c;d}$ [kN]	$F_{nk;d}^*$ [kN]
DKM-4	0,92	-7,00	144	3,5	245	76	192	48
		-7,50	174	3,4	238	132	222	48
		-8,00	202	3,2	228	188	250	48
DKM-5	1,00	-7,00	137	3,3	231	70	181	44
		-7,50	174	3,4	238	126	218	44
		-8,00	210	3,4	242	182	254	44

* Negatieve kleef bepaald voor alleenstaande paal, aan de rand van groep, in één rij en in groep met $D > \sqrt{(10 \times d \times h)}$

Toelichting

Maximum puntweerstand	: $q_{b,max} = 0,5 * \alpha_p * \beta * s * (0,5[q_{c,I;gem} + q_{c,II;gem}] + q_{c,III;gem})$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum draagkracht punt	: $R_{b;cal} = A_b * q_{b,max}$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum schachtwrijvingskracht	: $R_{s;cal} = O_p * \Delta L * \alpha_s * q_{c;z;a}$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde maximum draagkracht	: $R_{c;d} = (R_{b;cal} / \xi) / \gamma_b + (R_{s;cal} / \xi) / \gamma_s$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde negatieve kleef	: $F_{nk;d} = F_{nk} * \gamma_{f,nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde netto draagkracht	: $R_{c;dnetto} = R_{c;d} - F_{nk;d}$	[par. 7.6.2.3]

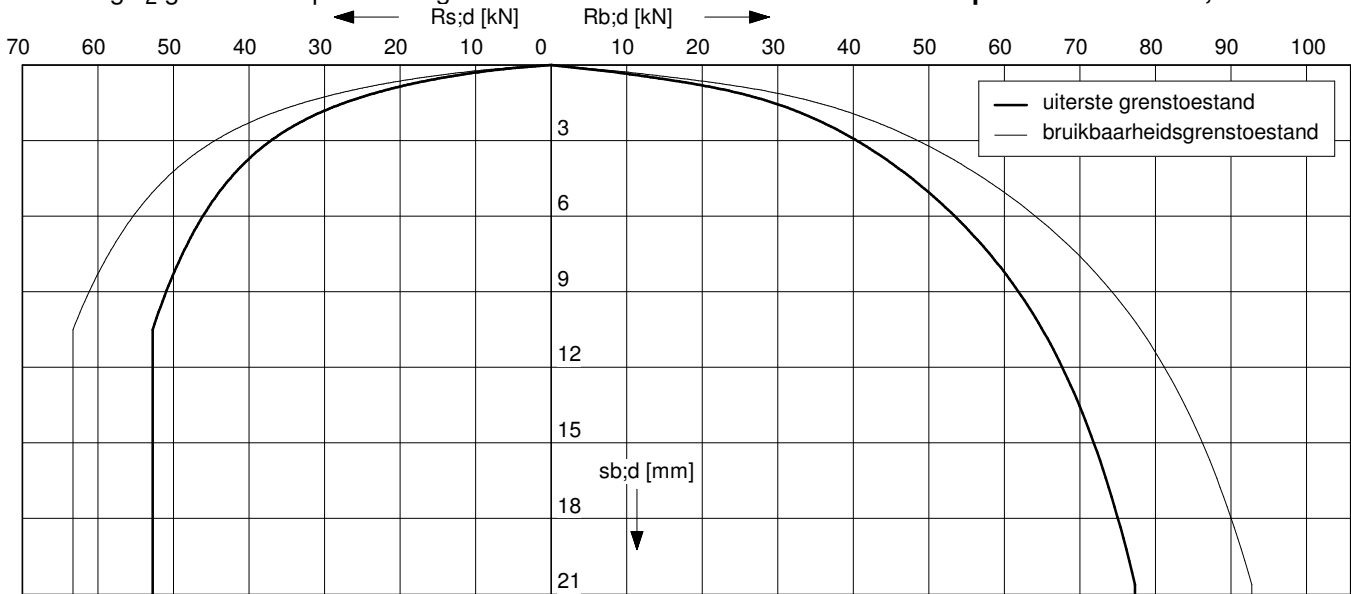
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : Schroefinjectiepaal

Sonderingen: DKM-4

Berekening s_2 gebaseerd op sondering DKM-4

Paalafmeting : 0,200/0,200/0,200 m
 Paalpuntniveau : -7,50 m tov NAP

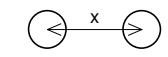


Uiterste grenstoestand

$F_{c;d,netto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$S_{b;d}$ [mm]	$S_{el;d}$ [mm]	$S_{1;d}$ [mm]	$S_{2;d}$ [mm]	S_d [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
98	32	130	19,2	1,8	21,0	2,1	23,1	15
88	32	120	11,7	1,7	13,4	2,0	15,4	17
78	32	110	8,2	1,5	9,7	1,8	11,5	18
69	32	101	6,0	1,4	7,4	1,6	9,1	20
59	32	91	4,5	1,3	5,7	1,5	7,2	21
49	32	81	3,2	1,1	4,4	1,3	5,7	23
39	32	71	2,4	1,0	3,4	1,2	4,6	24
29	32	61	1,7	0,8	2,6	1,0	3,6	26
20	32	52	1,2	0,7	1,9	0,8	2,8	27
10	32	42	0,9	0,6	1,4	0,7	2,1	29

Configuratie paalgroep

voor bepaling s_2
 2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c;rep}$ [kN]	S_b [mm]	S_{el} [mm]	S_1 [mm]	S_2 [mm]	S [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
75	32	107	4,3	1,2	5,6	1,7	7,3	19
68	32	100	3,5	1,1	4,6	1,6	6,2	22
60	32	92	2,9	1,1	4,0	1,5	5,5	23
53	32	85	2,3	1,0	3,3	1,4	4,7	26
45	32	77	1,9	0,9	2,8	1,3	4,1	27
38	32	70	1,6	0,8	2,3	1,1	3,5	30
30	32	62	1,3	0,7	2,0	1,0	3,0	31
23	32	55	1,0	0,6	1,6	0,9	2,5	34
15	32	47	0,8	0,5	1,3	0,8	2,1	35
8	32	39	0,6	0,5	1,1	0,6	1,7	37

Toelichting

- Paalbelasting : F_c [par. 7.7.1]
- Rekenwaarde negatieve kleef : $F_{nk;d}$ [par. 7.3.2.2]
- Netto paalbelasting : $F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$ [par. 7.3.2.2]
- Rekenwaarde zakking boveinde paal : $S_{1;d} = S_{punt;d} + S_{el;d}$ [par. 7.6.4.2]
- Rekenwaarde samendrukking diepere lagen : $S_{2;d}$ [par. 7.6.4.2]
- Rekenwaarde paalkopzakking : $S_d = S_{1;d} + S_{2;d}$ [par. 7.6.4.2]
- Representatieve statische secant veercoëfficiënt : $k_{v;rep}$ paal vrijstaand = $F_{c;rep} / S_1$
- : $k_{v;rep}$ paal in groep = $F_{c;rep} / (S_1 + S_2)$

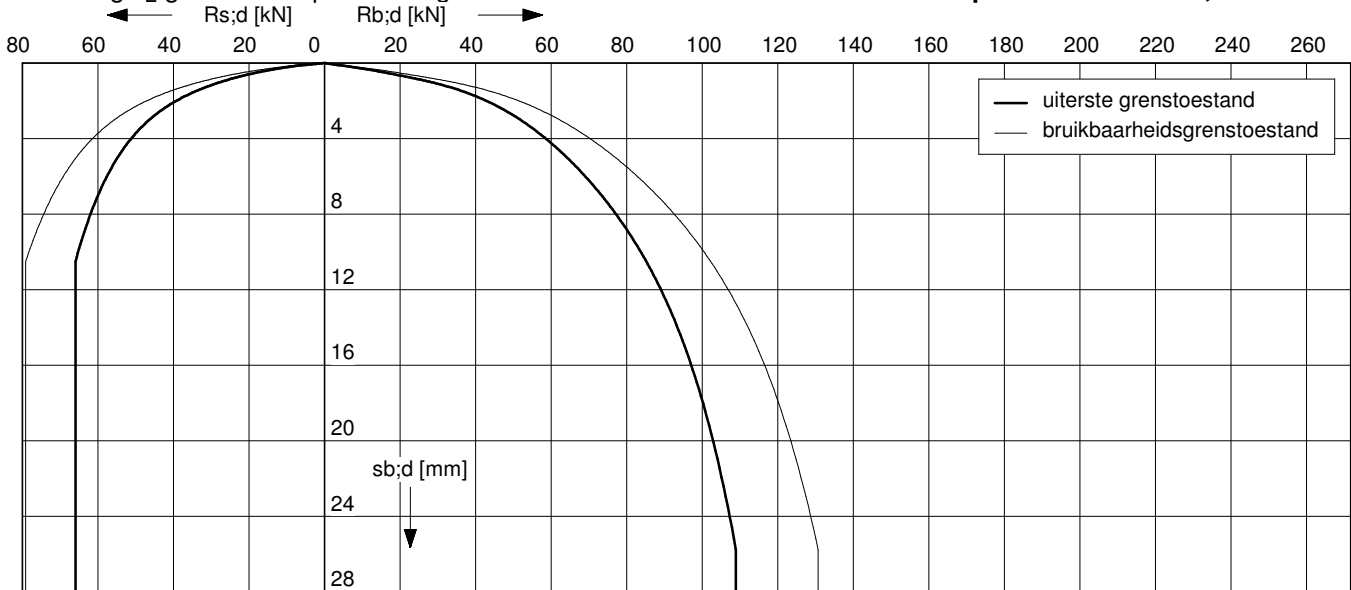
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : Schroefinjectiepaal

Sonderingen: DKM-4

Berekening s_2 gebaseerd op sondering DKM-4

Paalafmeting : 0,250/0,250/0,250 m
 Paalpuntniveau : -7,50 m tov NAP

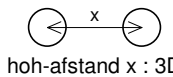


Uiterste grenstoestand

$F_{c;d,netto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$S_{b;d}$ [mm]	$S_{el;d}$ [mm]	$S_{1;d}$ [mm]	$S_{2;d}$ [mm]	S_d [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
135	40	175	24,6	1,6	26,2	2,1	28,2	18
121	40	161	14,7	1,4	16,1	1,9	18,0	20
108	40	148	9,5	1,3	10,8	1,8	12,6	23
94	40	134	7,1	1,2	8,3	1,6	9,9	25
81	40	121	5,1	1,1	6,2	1,4	7,6	27
67	40	107	3,7	1,0	4,7	1,3	5,9	30
54	40	94	2,6	0,8	3,4	1,1	4,6	32
41	40	80	1,9	0,7	2,6	1,0	3,6	33
27	40	67	1,3	0,6	1,9	0,8	2,7	36
14	40	53	0,9	0,5	1,4	0,6	2,0	37

Configuratie paalgroep

voor bepaling s_2
 2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c;rep}$ [kN]	S_b [mm]	S_{el} [mm]	S_1 [mm]	S_2 [mm]	S [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
104	40	144	5,0	1,1	6,0	1,7	7,8	24
93	40	133	4,1	1,0	5,1	1,6	6,6	26
83	40	123	3,3	0,9	4,2	1,5	5,7	29
73	40	113	2,7	0,8	3,5	1,3	4,8	32
62	40	102	2,1	0,8	2,9	1,2	4,1	35
52	40	92	1,7	0,7	2,4	1,1	3,5	39
41	40	81	1,4	0,6	2,0	1,0	3,0	41
31	40	71	1,1	0,5	1,6	0,8	2,5	44
21	40	61	0,9	0,4	1,3	0,7	2,0	47
10	40	50	0,7	0,4	1,0	0,6	1,6	48

Toelichting

- Paalbelasting : F_c [par. 7.7.1]
- Rekenwaarde negatieve kleef : $F_{nk;d}$ [par. 7.3.2.2]
- Netto paalbelasting : $F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$ [par. 7.3.2.2]
- Rekenwaarde zakking boveinde paal : $S_{1;d} = S_{punt;d} + S_{el;d}$ [par. 7.6.4.2]
- Rekenwaarde samendrukking diepere lagen : $S_{2;d}$ [par. 7.6.4.2]
- Rekenwaarde paalkopzakking : $S_d = S_{1;d} + S_{2;d}$ [par. 7.6.4.2]
- Representatieve statische secant veercoëfficiënt : $k_{v;rep}$ paal vrijstaand = $F_{c;rep} / S_1$
- : $k_{v;rep}$ paal in groep = $F_{c;rep} / (S_1 + S_2)$

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

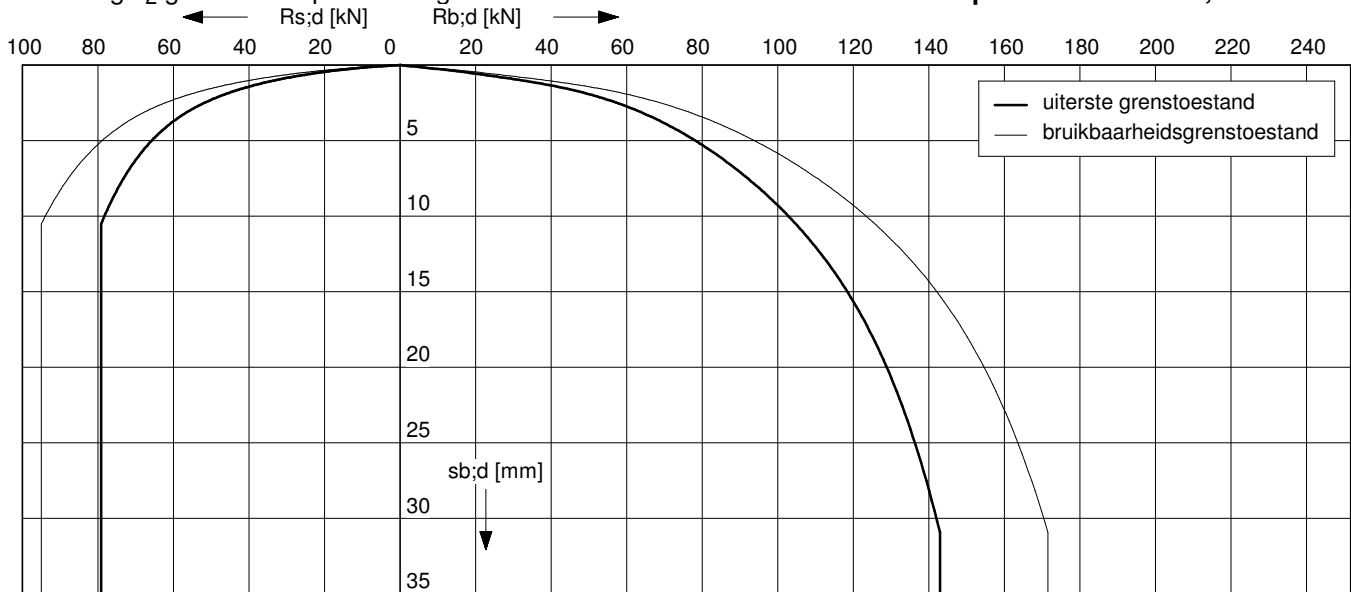
Paaltype : Schroefinjectiepaal

Sonderingen: DKM-4

Berekening s_2 gebaseerd op sondering DKM-4

Paalafmeting : 0,300/0,300/0,300 m

Paalpuntniveau : -7,50 m tov NAP

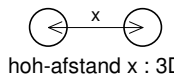


Uiterste grenstoestand

$F_{c;d,netto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$S_{b;d}$ [mm]	$S_{el;d}$ [mm]	$S_{1;d}$ [mm]	$S_{2;d}$ [mm]	S_d [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
174	48	222	29,5	1,4	30,9	2,1	33,0	21
157	48	205	17,6	1,3	18,9	2,0	20,8	24
139	48	187	11,4	1,2	12,6	1,8	14,4	27
122	48	170	8,0	1,0	9,0	1,6	10,7	29
104	48	152	5,8	0,9	6,7	1,5	8,2	33
87	48	135	4,1	0,8	4,9	1,3	6,2	36
70	48	118	2,9	0,7	3,6	1,1	4,7	38
52	48	100	2,1	0,6	2,7	1,0	3,7	41
35	48	83	1,4	0,5	1,9	0,8	2,7	44
17	48	65	1,0	0,4	1,4	0,6	2,0	46

Configuratie paalgroep

voor bepaling s_2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c;rep}$ [kN]	S_b [mm]	S_{el} [mm]	S_1 [mm]	S_2 [mm]	S [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
134	48	182	5,7	0,9	6,6	1,7	8,3	28
120	48	168	4,6	0,9	5,5	1,6	7,1	31
107	48	155	3,7	0,8	4,5	1,5	6,0	35
94	48	142	3,0	0,7	3,7	1,4	5,0	38
80	48	128	2,4	0,7	3,0	1,2	4,2	42
67	48	115	1,9	0,6	2,5	1,1	3,6	47
54	48	101	1,5	0,5	2,0	1,0	3,0	50
40	48	88	1,2	0,4	1,6	0,8	2,5	53
27	48	75	0,9	0,4	1,3	0,7	2,0	57
13	48	61	0,7	0,3	1,0	0,6	1,6	60

Toelichting

Paalbelasting	: F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	: $F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	: $F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveinde paal	: $S_{1;d} = S_{punt;d} + S_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	: $S_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	: $S_d = S_{1;d} + S_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	: $k_{v;rep}$ paal vrijstaand = $F_{c;rep} / S_1$	
	: $k_{v;rep}$ paal in groep = $F_{c;rep} / (S_1 + S_2)$	

Voorbeeldberekening gebaseerd op sondering DKM-4
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : **Schroefinjectiepaal**
 Paalpuntniveau : -7,5 meter tov NAP

paalafmeting : 0,200/0,200/0,200 m

Correctie conusweerstand bij ontgraving

Geen ontgraving, geen correctie van de conusweerstand.

Berekening maximum puntweerstand

$$q_{b,max} = 0,5 * \alpha_p * \beta * s * (0,5[q_{c,I;gem} + q_{c,II;gem}] + q_{c,III;gem}) \quad [\text{par. 7.6.2.3(e)}]$$

Paalklassefactor : $\alpha_p = 0,35$ (f)
 Paalvoetvormfactor : $\beta = 1,0$ (g)
 Paalvoetdwarsdoornedefactor : $s = 1,0$ (h)

$$q_{b,max} = 4,1 \text{ MPa}$$

Berekening maximum schachtwrijving

$$R_{s;cal} = O_p * \Delta L * \alpha_s * q_{c;z;a} \quad [\text{par. 7.6.2.3(e)}]$$

Startdiepte schachtwrijving : -5,8 m tov NAP
 paalklassefactor : $\alpha_s = 0,008$ [tabel 7.d]
 O_p : omtrek dwarsdoorsnede paalschacht
 ΔL : traject schachtwrijving

diepte [m tov NAP]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	O_p [m]	ΔL [m]	$R_{s;cal}$ [kN]	$\Sigma R_{s;cal}$ [kN]
-6,00	5,0	0,63	0,2	5	5
-6,50	7,6	0,63	0,5	19	24
-7,00	10,5	0,63	0,5	26	50
-7,50	14,9	0,63	0,5	37	88

Berekening maximum draagkracht

$$R_{c;cal} = A_b * q_{b,max} + R_{s;cal} \quad [\text{par. 7.6.2.3(e)}]$$

Oppervlakte paalpunt : $A_b = 0,0314 \text{ m}^2$

$$R_{c;cal} = 129 + 88 = 217 \text{ kN}$$

Voorbeeldberekening gebaseerd op sondering DKM-4
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : **Schroefinjectiepaal**
 Paalpuntniveau : -7,5 meter tov NAP

paalafmeting : 0,200/0,200/0,200 m

Berekening negatieve kleef, geen groepswerking

De representatieve waarde van de totale belasting ten gevolge van negatieve kleef ($F_{nk;rep}$) moet zijn bepaald met de formule:

$$F_{nk;rep} = O_s * \sum h_j * K_{0;j;rep} * \tan \delta_j * \frac{\sigma'_{v;j-1;rep} + \sigma'_{v;j;rep}}{2}$$

[par. 7.3.2.2(d)]

Dit geldt voor:

- alleenstaande palen;
- palen in één rij of aan de rand van een paalgroep;
- palen binnen een paalgroep waarbij de hart-op-hart afstand van de palen (D) voldoet aan:

$$D > \sqrt{10 \times d \times h}$$

waarin:

d is de middellijn van de paalschacht, of de equivalente middellijn van de paalschachten van de groep, in m.

h is de dikte van de laag of lagen waarin de negatieve kleef werkt, in m.

Uitgangspunten

- Toekomstig maaiveld : 1,00 m tov NAP
- Huidig maaiveld : 0,92 m tov NAP
- Grondwater : -0,50 m tov NAP
- Bovenbelasting : 0 kN/m²
- Voorbeeldsondering : DKM-4
- O_s : omtrek dwarsdoorsnede paalschacht
- $K_{v;j;rep}$: representatieve waarde van de neutrale gronddruk in laag j
- $\tan \delta_j$: representatieve waarde van de wrijvingshoek tussen paalschacht en grond in laag j
- $\sigma'_{0;j;rep}$: representatieve waarde van de effectieve verticale spanning onderin laag j

diepte [m tov NAP]	h_j [m]	O_s [m]	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	ϕ [graden]	$K_0 * \tan \delta_j$	$\sigma'_{v;j}$ [kN/m ²]	$F_{nk;j;rep}$ [kN]	$\Sigma F_{nk;rep}$ [kN]
0,92	0,08	0,63	18,0	20,0	32,5	0,295	1	0,0	0,0
0,00	0,92	0,63	14,0	14,0	17,5	0,250	14	1	1
-4,00	4,00	0,63	15,0	15,0	22,5	0,256	39	19	20
-5,80	1,80	0,63	14,0	14,0	17,5	0,250	47	12	32