

Bepaling van de ontwerpdruk bij
een lagedrukleiding waarbij reke-
ning wordt gehouden met de grond-
belasting

Nr. C-71.046

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

Bepaling van de ontwerpdruk bij een lage-
drukleiding waarbij rekening wordt gehou-
den met de grondbelasting

Nr. C-71.046

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

Bepaling van de ontwerpdruk bij een lage-
drukleiding waarbij rekening wordt gehou-
den met de grondbelasting

Nr. C-71.046

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

Bepaling van de ontwerpdruk bij een
lagedruk leiding waarbij rekening
wordt gehouden met de grondbelasting

Nr. C-71.046

CENTRUM VOOR ONDERZOEK
WATERKERINGEN

Onderheide constructie

$$p_{vl} = \frac{2t\sigma_{vl}}{D_u}$$

$\sigma_{vl} = 2400 \text{ kg/cm}^2$ $t = \text{wanddikte } 1,25 \text{ cm}$ $r_u = 60,62 \text{ cm}$

buisgegevens
in veld

Ontwerpdruk in veld
2,85 kg/cm²

Neem aan dat een bepaald percentage van de spanningen wordt geleverd door de uitwendige belastingen:

5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95 (%)

Berekening
ontwerpdruk

$\sigma_{vl} = 2400 \text{ kg/cm}^2$

Stel 50% uitw. bel.

$$2400 - 0,5 \times 2400 = 1200 \text{ kg/cm}^2 \text{ resteert voor de inwendige druk}$$

→ wordt

$$p_{vl} = \frac{(2400\sigma_{vl} - \sigma_{uitw})1t}{r_u} = \frac{1200 \times 1,25}{60,62} = 24,75 \text{ kg/cm}^2$$

$$p_{ontwerpdruk} = 0,8 \times 24,75 p_{vl} = 19,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{ring} = \frac{p_{ontwerpdruk} \times r_u}{t} \quad (1) \quad \bar{\sigma} = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

uitwendige belasting

$$\sigma_{uitw} = q_t \times r / W_w \times K \times f_{rr} \quad (2)$$

$$r_u = r_{gem} + 1/2t$$

60cm

$$W_w = \frac{1}{6} \times 1 \times t^2$$

$$K = 0,135$$

$$f_{rr} = \frac{EI_w}{EI_w + 2pr^3k_y}$$

$$p_{ontw} = \text{druk in kg/cm}^2$$

$$I_w = \frac{1}{12} \times t^3$$

$$E = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$q = \underline{\underline{110 \text{ kg/cm}}}$$

$$r = 60 \text{ cm}$$

$$k_y = 0,113$$

$$\sigma_{ring} + \sigma_{uitw} < 1200 \text{ kg/cm}^2$$

hiermee is t te berekenen door proberen

$q = 110 \text{ kg/cm}$ $r = 60$ $k = 0,135$ $f_{rr} = 0,96$

$$p_{vl} = \frac{(\sigma_{vl} - \sigma_{uitw}) \times t}{r_u} \quad \sigma_{vl} = 2400 \text{ kg/cm}^2 \quad t = 1,25 \text{ cm en } r_u = 60,62 \text{ cm}$$

p_{ontw} wordt gesteld op $0,8 p_{vl}$, zodat $p_{ontw} = (2400 - \sigma_{uitw}) \times 0,016496$

percentage spanningen geleverd door uitwendige belastingen	σ_{uitw}	$\sigma_{vl} - \sigma_{uit}$	p_{ontw}
5	120	2280	37,611
10	240	2160	35,631
15	360	2040	33,651
20	480	1920	31,672
25	600	1800	29,693
30	720	1680	27,713
35	840	1560	25,734
40	960	1440	23,754
45	1080	1320	21,775
50	1200	1200	19,795
55	1320	1080	17,816
60	1440	960	15,836
65	1560	840	13,857
70	1680	720	11,877
75	1800	600	9,898
80	1920	480	7,918
85	2040	360	5,939
90	2160	240	3,959
95	2280	120	1,980

$$\sigma_{ring} = \frac{p_{ontw} \times r_u}{t} = \frac{p \cdot (60 + \frac{1}{2}t)}{t}$$

$$\sigma_{ring} + \sigma_{uitw} < 1200$$

$$\sigma_{uitw} = q \cdot \frac{r}{W} \cdot K \cdot f_{rr} = \frac{11226,6t}{2,1t^3 + 0,6p}$$

$$\frac{60p}{t} + \frac{11226,6t}{2,1t^3 + 0,6p} < 1200 - \frac{1}{2}p$$

p _{ontw}	0,6p	σ_{uitw}	$\sigma_{ring} - \frac{1}{2}p$	σ_{ring}	1200 - $\frac{1}{2}p$	voor t \geq
37,6	22,6	$\frac{496,8t}{0,09t^3 + 1}$	$\frac{2256}{t}$	766	1181,2 63,8%	3,02
35,6	21,4	$\frac{525t}{0,1t^3 + 1}$	$\frac{2136}{t}$	753	1182,2 62,8%	2,9
33,7	20,2	$\frac{552,5t}{0,1t^3 + 1}$	$\frac{2022}{t}$	739	1183,1 61,7%	2,8
31,7	19,0	$\frac{590,9t}{0,12t^3 + 1}$	$\frac{1902}{t}$	721	1184,1 60,2%	2,7
29,7	17,8	$\frac{631,5t}{0,12t^3 + 1}$	$\frac{1782}{t}$	675	1185,1 56,3%	2,7
27,7	16,6	$\frac{677t}{0,13t^3 + 1}$	$\frac{1662}{t}$	654	1186,1 54,5%	2,6
25,7	15,4	$\frac{729t}{0,14t^3 + 1}$	$\frac{1542}{t}$	606	1187,1 50,5%	2,6 (2,5)
23,8	14,3	$\frac{786t}{0,15t^3 + 1}$	$\frac{1428}{t}$	583	1188,1 48,6%	2,5
21,8	13,1	$\frac{858t}{0,16t^3 + 1}$	$\frac{1308}{t}$	556	1189,1 46,3%	2,4
19,8	11,9	$\frac{944,0t}{0,18t^3 + 1}$	$\frac{1188}{t}$	505	1190,1 42,1%	2,4
17,8	10,7	$\frac{1049t}{0,19t^3 + 1}$	$\frac{1068}{t}$	454	1191,1 57,9%	2,4
15,8	9,5	$\frac{1183t}{0,22t^3 + 1}$	$\frac{948}{t}$	420	1192,1 35%	2,3
13,9	8,3	$\frac{1352t}{0,25t^3 + 1}$	$\frac{834}{t}$	370	1193 30,8%	2,3
11,9	7,1	$\frac{1581t}{0,30t^3 + 1}$	$\frac{714}{t}$	330	1194 27,5%	2,2
9,9	5,9	$\frac{1903t}{0,36t^3 + 1}$	$\frac{594}{t}$	275	1195 22,9%	2,2
7,9	4,7	$\frac{2389t}{0,45t^3 + 1}$	$\frac{474}{t}$	219	1196 18,3%	2,2
5,9	3,5	$\frac{3211t}{0,60t^3 + 1}$	$\frac{354}{t}$	164	1197 13,7%	2,2
4,0	2,4	$\frac{4680t}{0,88t^3 + 1}$	$\frac{240}{t}$	111	1198 9,3%	2,2
2,0	1,2	$\frac{9360t}{1,75t^3 + 1}$	$\frac{120}{t}$	56	1199 4,7%	2,2

$$\sigma_{ring} = \frac{p_{ontw} \cdot r_u}{t} = \frac{p(60 + \frac{1}{2}t)}{t}$$

$$\sigma_{ring} + \sigma_{uitw} < 1200$$

$$\sigma_{uitw} = q \cdot \frac{r}{W_w} \cdot f_{rr} = \frac{2551,5}{2,1t^3 + 0,6p}$$

$$\frac{60p}{t} + \frac{2551,5}{2,1t^3 + 0,6p} < 1200 + \frac{1}{2}p$$

Pont	0,6p	σ_{uitw}	$\sigma_{ring} - \frac{1}{2}p$	σ_{ring}	1200 - $\frac{1}{2}p$	voor t \geq
37,6	22,6	$\frac{113t}{0,09t^3 + 1}$	$\frac{2256}{t}$	1044	1181,2 87%	2,2
35,6	21,4	$\frac{119t}{0,1t^3 + 1}$	$\frac{2136}{t}$	1034	1182,2 86,2%	2,1
33,7	20,2	$\frac{126t}{0,1t^3 + 1}$	$\frac{2022}{t}$	1028	1183,1 85,7%	2,0
31,7	19,0	$\frac{134t}{0,12t^3 + 1}$	$\frac{1902}{t}$	1017	1184,1 84,7%	1,9 (1,8)
29,7	17,8	$\frac{143t}{0,12t^3 + 1}$	$\frac{1782}{t}$	1005	1185,1 83,8%	1,8
27,7	16,6	$\frac{154t}{0,13t^3 + 1}$	$\frac{1662}{t}$	992	1186,1 82,7%	1,7
25,7	15,4	$\frac{166t}{0,14t^3 + 1}$	$\frac{1542}{t}$	978	1187,1 81,5%	1,6 (1,5)
23,8	14,3	$\frac{178t}{0,15t^3 + 1}$	$\frac{1428}{t}$	963	1188,1 80,3%	1,5 (1,4)
21,8	13,1	$\frac{195t}{0,16t^3 + 1}$	$\frac{1308}{t}$	946	1189,1 78,8%	1,4 (1,3)
19,8	11,9	$\frac{214t}{0,18t^3 + 1}$	$\frac{1188}{t}$	1000	1190,1 83,3%	1,2
17,8	10,7	$\frac{238t}{0,19t^3 + 1}$	$\frac{1068}{t}$	979	1191,1 81,6%	1,1
15,8	9,5	$\frac{268t}{0,22t^3 + 1}$	$\frac{948}{t}$	956	1192,1 79,6%	1
13,9	8,3	$\frac{308t}{0,25t^3 + 1}$	$\frac{834}{t}$	933	1193 77,7%	0,9
11,9	7,1	$\frac{360t}{0,30t^3 + 1}$	$\frac{714}{t}$	898	1194 74,8%	0,8
9,9	5,9	$\frac{432t}{0,36t^3 + 1}$	$\frac{594}{t}$	853	1195 71,1%	0,7
7,9	4,7	$\frac{542t}{0,45t^3 + 1}$	$\frac{494}{t}$	794	1196 66,2%	0,6
5,9	3,5	$\frac{729t}{0,60t^3 + 1}$	$\frac{354}{t}$	711	1197 59,2%	0,5
4,0	2,4	$\frac{1062t}{0,88t^3 + 1}$	$\frac{240}{t}$	482	1198 40,2%	0,5
2,0	1,2	$\frac{2123t}{1,75t^3 + 1}$	$\frac{120}{t}$	241	1199 20,1%	0,5

$$\sigma_{ring} = \frac{P_{ontw} \times r_u}{t} = \frac{p(60 + \frac{1}{2}t)}{t}$$

$$\sigma_{ring} + \sigma_{uitw} < 1200$$

$$\sigma_{uitw} = q \cdot \frac{r}{W_w} \cdot f_{rr} = \frac{5103t}{2,1t^3 + 0,6p}$$

$$\frac{60p}{t} + \frac{5103t}{2,1t^3 + 0,6p} < 1200 - \frac{1}{2}p$$

P_{ontw}	0,6p	σ_{uitw}	$\sigma_{ring} - \frac{1}{2}p$	σ_{ring}	1200 - $\frac{1}{2}p$	voor t \geq
37,6	22,6	$\frac{226t}{0,09t^3 + 1}$	$\frac{2256}{t}$	958	1181,2 79,9%	2,4 (2,5)
35,6	21,4	$\frac{239t}{0,1t^3 + 1}$	$\frac{2136}{t}$	947	1182,2 78,9%	2,3
33,7	20,2	$\frac{253t}{0,1t^3 + 1}$	$\frac{2022}{t}$	896	1183,1 74,6%	2,3 (2,2)
31,7	19,0	$\frac{269t}{0,12t^3 + 1}$	$\frac{1902}{t}$	922	1184,1 76,8%	2,1
29,7	17,8	$\frac{287t}{0,12t^3 + 1}$	$\frac{1782}{t}$	905	1185,1 75,5%	2
27,7	16,6	$\frac{308t}{0,13t^3 + 1}$	$\frac{1662}{t}$	889	1186,1 74%	1,9
25,7	15,4	$\frac{332t}{0,14t^3 + 1}$	$\frac{1542}{t}$	870	1187,1 72,5%	1,8
23,8	14,3	$\frac{357t}{0,15t^3 + 1}$	$\frac{1428}{t}$	852	1188,1 71%	1,7 (1,8)
21,8	13,1	$\frac{390t}{0,16t^3 + 1}$	$\frac{1308}{t}$	779	1189,1 64,9%	1,7 (1,6)
19,8	11,9	$\frac{429t}{0,18t^3 + 1}$	$\frac{1188}{t}$	752	1190,1 62,6%	1,6 (1,5)
17,8	10,7	$\frac{477t}{0,19t^3 + 1}$	$\frac{1068}{t}$	721	1191,1 60,2%	1,5
15,8	9,5	$\frac{538t}{0,22t^3 + 1}$	$\frac{948}{t}$	685	1192,1 57,1%	1,4
13,9	8,3	$\frac{615t}{0,25t^3 + 1}$	$\frac{834}{t}$	648	1193 54%	1,3
11,9	7,1	$\frac{720t}{0,30t^3 + 1}$	$\frac{714}{t}$	601	1194 50,1%	1,2
9,9	5,9	$\frac{850t}{0,36t^3 + 1}$	$\frac{594}{t}$	545	1195 45,4%	1,1
7,9	4,7	$\frac{1087t}{0,45t^3 + 1}$	$\frac{474}{t}$	435	1196 36,2%	1,1
5,9	3,5	$\frac{1460t}{0,60t^3 + 1}$	$\frac{354}{t}$	298	1197 24,8%	1,2
4,0	2,4	$\frac{2130t}{0,88t^3 + 1}$	$\frac{240}{t}$	187	1198 15,6%	1,3
2,0	1,2	$\frac{4250t}{1,75t^3 + 1}$	$\frac{120}{t}$	169	1199 14,1%	1,4

$$\sigma_{ring} = \frac{p_{ontw} \times r_u}{t} = \frac{p(60 + \frac{1}{2}t)}{t}$$

$$\sigma_{ring} + \sigma_{uitw} < 1200$$

$$\sigma_{uitw} = q \cdot \frac{r}{W_w} \cdot f_{rr} = \frac{6633,9t}{2,1t^3 + 0,6p}$$

$$\frac{60p}{t} + \frac{6633,9t}{2,1t^3 + 0,6p} < 1200 - \frac{1}{2}p$$

p_{ontw}	$0,6p$	σ_{uitw}	$\sigma_{ring} - \frac{1}{2}p$	σ_{ring}	$1200 - \frac{1}{2}p$	voor $t \geq$
37,6	22,6	$\frac{294t}{0,09t^3 + 1}$	$\frac{2256}{t}$	853	1181,2 71%	2,7
35,6	21,4	$\frac{310t}{0,1t^3 + 1}$	$\frac{2136}{t}$	872	1182,2 72,7%	2,5
33,7	20,2	$\frac{328t}{0,1t^3 + 1}$	$\frac{2022}{t}$	860	1183,1 71,7%	2,4
31,7	19	$\frac{349t}{0,12t^3 + 1}$	$\frac{1902}{t}$	843	1184,1 70,2%	2,3 (2,2)
29,7	17,8	$\frac{372t}{0,12t^3 + 1}$	$\frac{1782}{t}$	825	1185,1 68,8%	2,2
27,7	16,6	$\frac{400t}{0,13t^3 + 1}$	$\frac{1662}{t}$	805	1186,1 67%	2,1
25,7	15,4	$\frac{431t}{0,14t^3 + 1}$	$\frac{1542}{t}$	784	1187,1 65,3%	2,0
23,8	14,3	$\frac{463t}{0,15t^3 + 1}$	$\frac{1428}{t}$	764	1188,1 63,7%	1,9
21,8	13,1	$\frac{506t}{0,16t^3 + 1}$	$\frac{1308}{t}$	699	1189,1 58,2%	1,9 (1,8)
19,8	11,9	$\frac{557t}{0,18t^3 + 1}$	$\frac{1188}{t}$	670	1190,1 55,8%	1,8
17,8	10,7	$\frac{620t}{0,19t^3 + 1}$	$\frac{1068}{t}$	637	1191,1 53,1%	1,7
15,8	9,5	$\frac{698t}{0,22t^3 + 1}$	$\frac{948}{t}$	600	1192,1 50%	1,6
13,9	8,3	$\frac{798t}{0,25t^3 + 1}$	$\frac{834}{t}$	528	1193 44%	1,6 (1,5)
11,9	7,1	$\frac{934t}{0,30t^3 + 1}$	$\frac{714}{t}$	482	1194 40,2%	1,5
9,9	5,9	$\frac{1123t}{0,36t^3 + 1}$	$\frac{594}{t}$	401	1195 33,4%	1,5
7,9	4,7	$\frac{1410t}{0,45t^3 + 1}$	$\frac{474}{t}$	320	1196 26,7%	1,5
5,9	3,5	$\frac{1895t}{0,60t^3 + 1}$	$\frac{354}{t}$	239	1197 19,9%	1,5
4	2,4	$\frac{2760t}{0,88t^3 + 1}$	$\frac{240}{t}$	152	1198 12,7%	1,6 (1,5)
2	1,2	$\frac{5530t}{1,75t^3 + 1}$	$\frac{120}{t}$	72	1199 6%	1,7

$$\sigma_{ring} = \frac{p_{ontw} \times r_u}{t} = \frac{p \cdot (60 + \frac{1}{2}t)}{t}$$

$$\sigma_{ring} + \sigma_{uitw} < 1200$$

$$\sigma_{uitw} = q \cdot \frac{r}{W_w} \cdot K \cdot f_{rr} = \frac{8164,8t}{2,1t^3 + 0,6p}$$

$$\frac{60p}{t} + \frac{8164,8t}{2,1t^3 + 0,6p} < 1200 - \frac{1}{2}p$$

p_{ontw}	$0,6p$	σ_{uitw}	$\sigma_{ring} - \frac{1}{2}p$	$1200 - \frac{1}{2}p$	voor $t \geq$
37,6	22,6	$\frac{361t}{0,09t^3 + 1}$	$\frac{2256}{t}$ 824	1181,2 68,6%	2,8 (2,7)
35,6	21,4	$\frac{381t}{0,1t^3 + 1}$	$\frac{2136}{t}$ 809	1182,2 67,4%	2,7
33,7	20,2	$\frac{404t}{0,1t^3 + 1}$	$\frac{2022}{t}$ 795	1183,1 66,3%	2,6
31,7	19,0	$\frac{429t}{0,12t^3 + 1}$	$\frac{1902}{t}$ 809	1184,1 67,4%	2,4
29,7	17,8	$\frac{458t}{0,12t^3 + 1}$	$\frac{1782}{t}$ 757	1185,1 63,1%	2,4
27,7	16,6	$\frac{491t}{0,13t^3 + 1}$	$\frac{1662}{t}$ 736	1186,1 61,3%	2,3
25,7	15,4	$\frac{530t}{0,14t^3 + 1}$	$\frac{1542}{t}$ 714	1187,1 59,5%	2,2
23,8	14,3	$\frac{570t}{0,15t^3 + 1}$	$\frac{1428}{t}$ 692	1188,1 57,7%	2,1
21,8	13,1	$\frac{622t}{0,16t^3 + 1}$	$\frac{1308}{t}$ 665	1189,1 55,4%	2,0
19,8	11,9	$\frac{685t}{0,18t^3 + 1}$	$\frac{1188}{t}$ 603	1190,1 50,2%	2,0
17,8	10,7	$\frac{762t}{0,19t^3 + 1}$	$\frac{1068}{t}$ 571	1191,1 47,6%	1,9
15,8	9,5	$\frac{859t}{0,22t^3 + 1}$	$\frac{948}{t}$ 507	1192,1 42,2%	1,9
13,9	8,3	$\frac{983t}{0,25t^3 + 1}$	$\frac{834}{t}$ 469	1193 39,1%	1,8
11,9	7,1	$\frac{1150t}{0,30t^3 + 1}$	$\frac{714}{t}$ 403	1194 33,7%	1,8
9,9	5,9	$\frac{1382t}{0,36t^3 + 1}$	$\frac{594}{t}$ 335	1195 27,9%	1,8 (1,7)
7,9	4,7	$\frac{1735t}{0,45t^3 + 1}$	$\frac{474}{t}$ 283	1196 23,6%	1,7
5,9	3,5	$\frac{2330t}{0,60t^3 + 1}$	$\frac{354}{t}$ 200	1197 16,7%	1,8
4,0	2,4	$\frac{3400t}{0,88t^3 + 1}$	$\frac{240}{t}$ 135	1198 11,3%	1,8
2,0	1,2	$\frac{6800t}{1,75t^3 + 1}$	$\frac{120}{t}$ 68	1199 6 %	1,8

$$p = 2,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$q = 110 \text{ kg/cm}$$

o.d.

$$\sigma_{\text{ring}} = \frac{2,85 \times (61,4 + \frac{1}{2}t)}{t} = \frac{174,99 + 1,425t}{t}$$

$$\sigma_{\text{uitw}} = 110 \cdot \frac{61,4}{1/6 \times t^2} \cdot \frac{2,1 \times 10^6 \times 1/12 \times t^3}{2,1 \times 10^6 \times 1/12 \times t^3 + 2 \times 2,85 \times (61,4)^3 \times 0,113} \cdot 0,135 =$$

$$= \frac{110 \cdot 61,4 \cdot 6 \cdot 2,1 \times t}{2,1 \cdot t^3 + 12 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 2,85 \cdot (61,4)^3 \times 0,113} = \frac{11488,55t}{2,1t^3 + 1,79} =$$

2,2	$\sigma_{\text{ring}} = 80,97$	} $\rightarrow < 1200$)	}
	$\sigma_{\text{uitw}} = 1047$		
			} \rightarrow wanddikte 2,2
2,1	$\sigma_{\text{ring}} = 84,8$	} $\rightarrow > 1200$)	}
	$\sigma_{\text{uitw}} = 1136$		

$$\sigma_{\text{uitw}} = 110 \cdot \frac{61,4}{1/6 \times t^2} \cdot 0,135 < 1200 \rightarrow t^2 > 4,56$$

$$t > 2,13$$

$$p.o.d. = 0 \text{ kg/cm}^2$$

$$q = 110 \text{ kg/cm}$$