

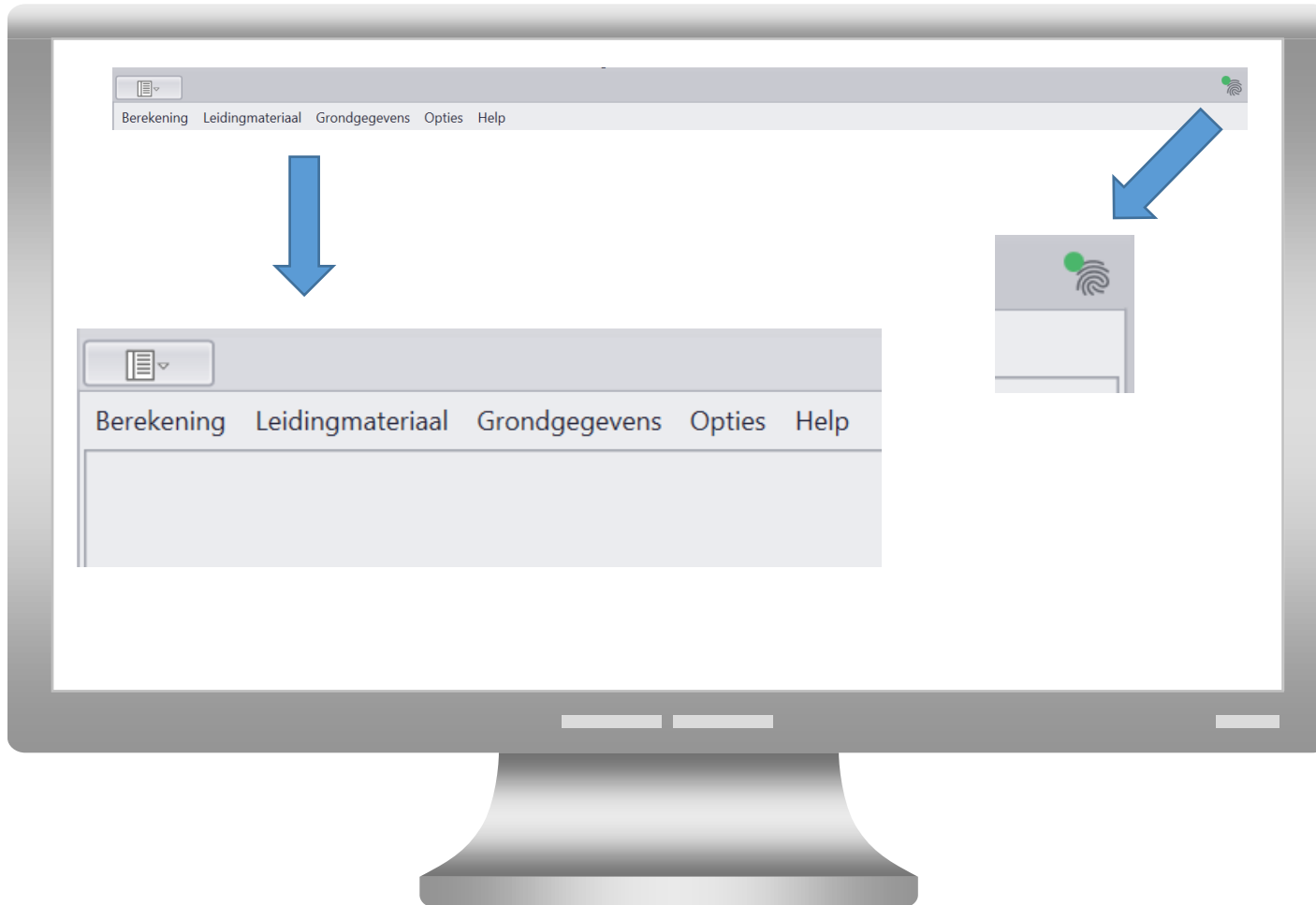




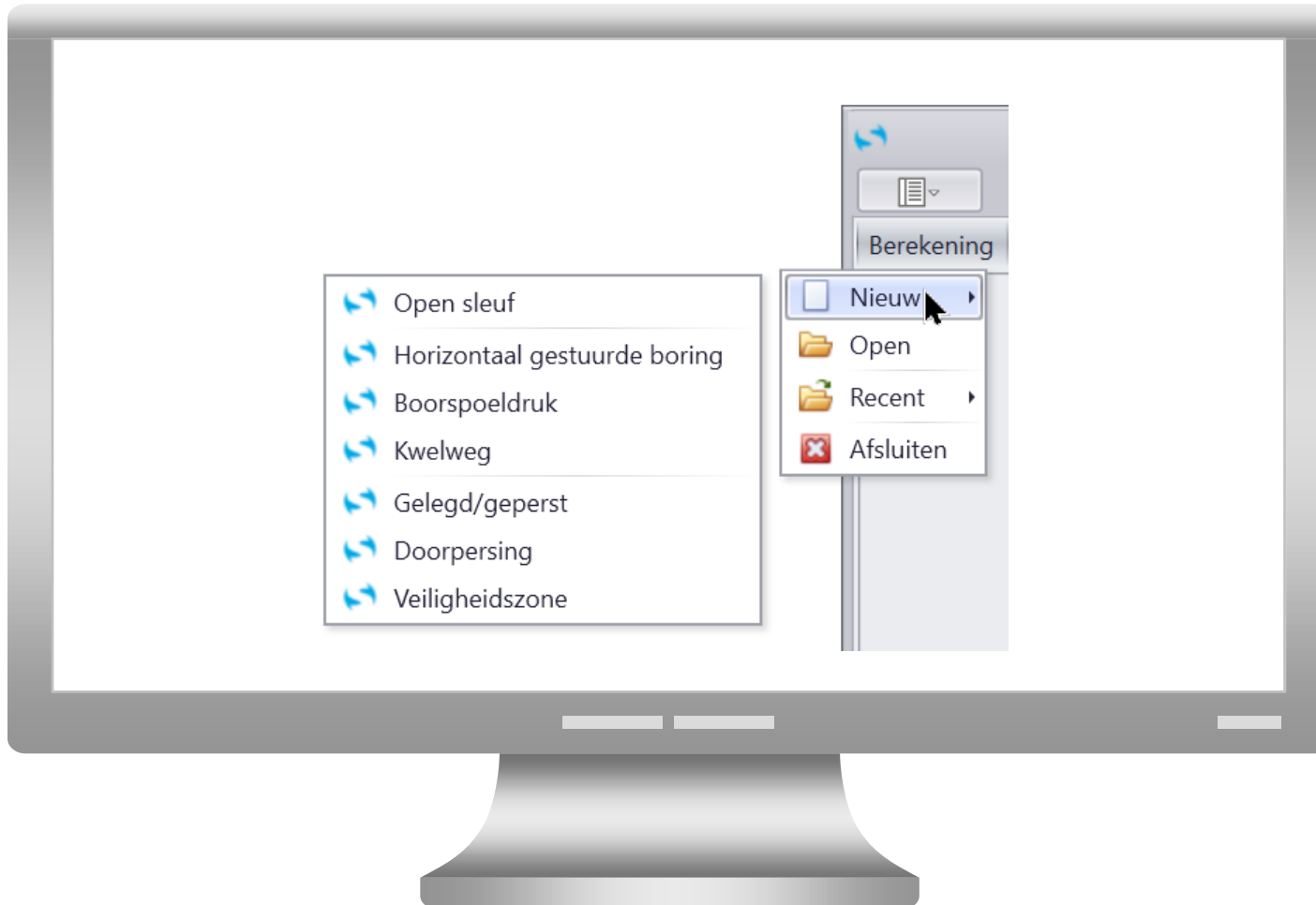
- 1 Open programma Sigma
- 2 Tijdens het openen ziet u de naam Sigma
- 3 Ook het versienummer wordt getoond.

Met Sigma worden berekeningen gemaakt Volgens de NEN 3650:2020 en de NEN 3651:2020. Deze zijn in maart 2020 gepubliceerd.

Met behulp van het versienummer tonen we de update van Sigma. Is sprake van een grote update dan wordt Sigma hernummerd naar bijvoorbeeld 3.0, is sprake van een kleine update dan verschijnt bijvoorbeeld 2.0.7.



- 1 Linkerzijde programma. Vijf keuzes:
 - Berekening
 - Leidingmateriaal
 - Grondgegevens
 - Opties
 - Help
- 2 Rechterzijde programma: vingerafdruk om programma te registreren.



1 Klik op “Berekening”

2 Kies welke berekening gemaakt moet worden.

Zeven keuzes:

- Open sleuf
- Horizontaal gestuurde boring
- Boorspoeldruk
- Kwelweg
- Gelegd/geperst
- Doorpersing
- Veiligheidszone

3 Klik op “Veiligheidszone”

Een leiding moet voldoen aan de NEN 3650 de NEN 3651 indien deze binnen de veiligheidszone ligt.

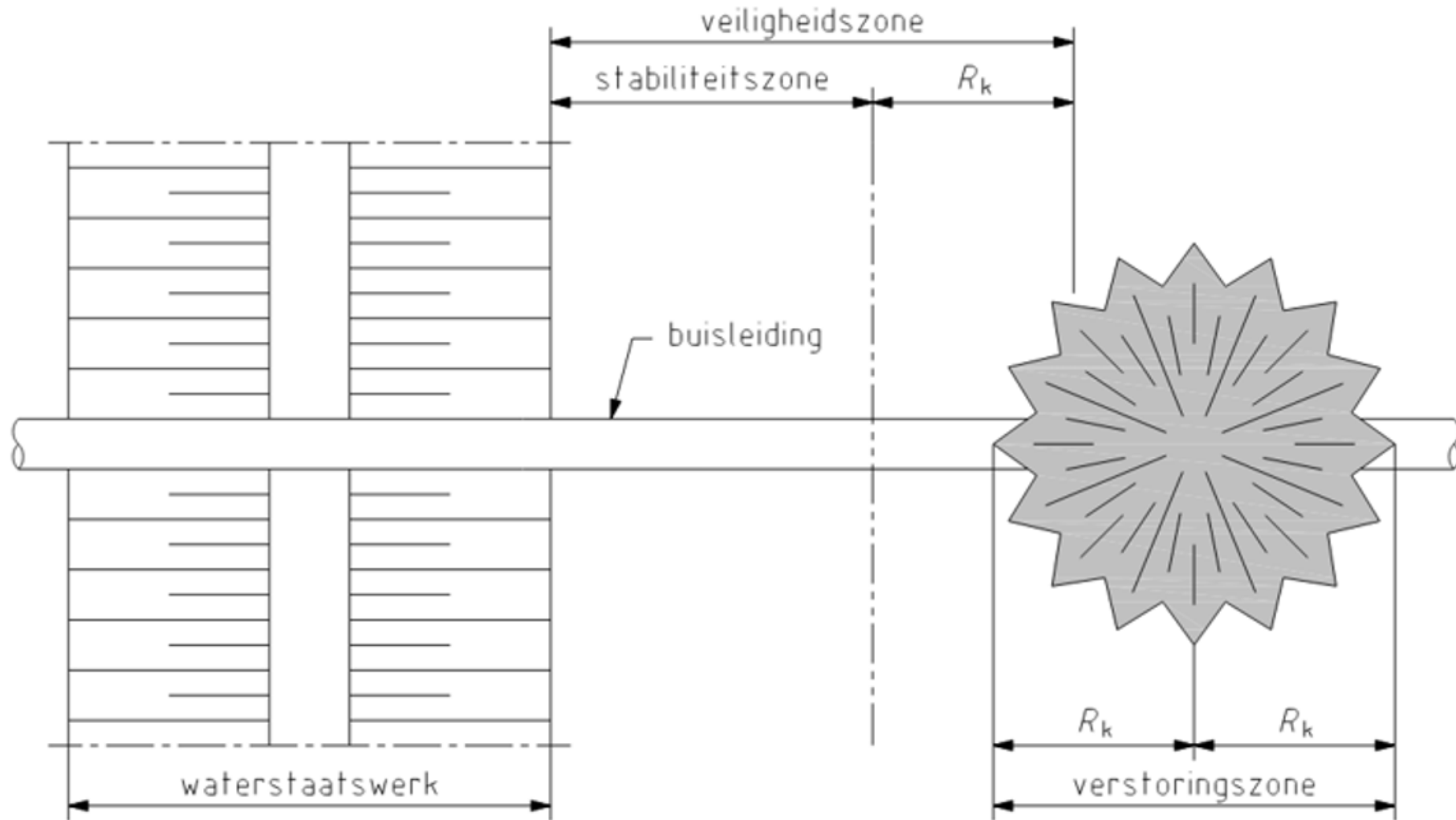
Wanneer de leiding er buiten ligt dan kan wel toestemming/vergunning nodig zijn van bijvoorbeeld een waterschap maar dan is de materiaalkeuze vrij en zijn berekeningen niet nodig. Fragment NEN 3651-2020:

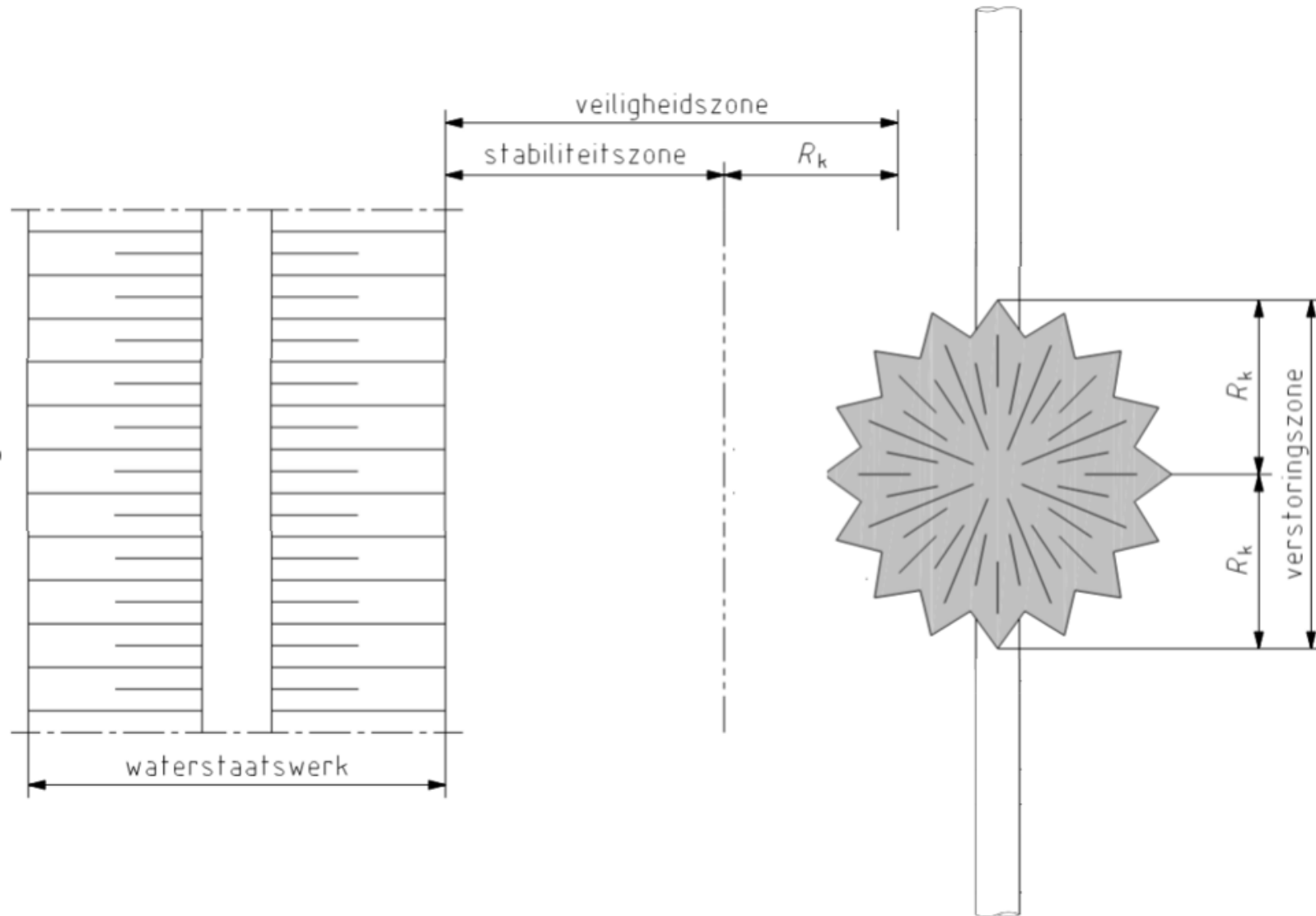
6.2.1 Algemeen

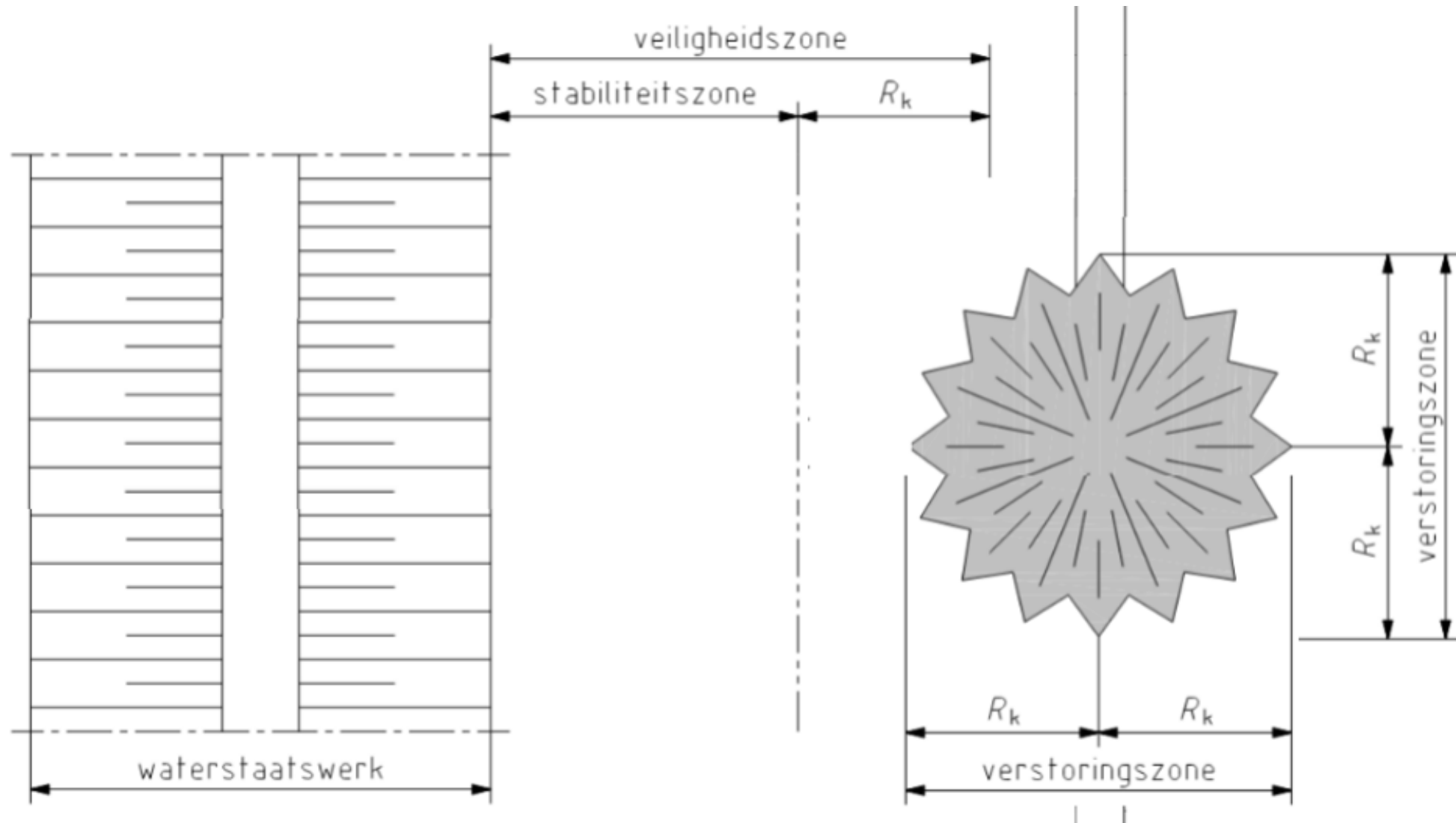
Het waterstaatswerk, samen met een terreinstrook aan weerszijden van het werk, de veiligheidszones, vormt het gebied waarin de eisen van NEN 3651 van kracht zijn.

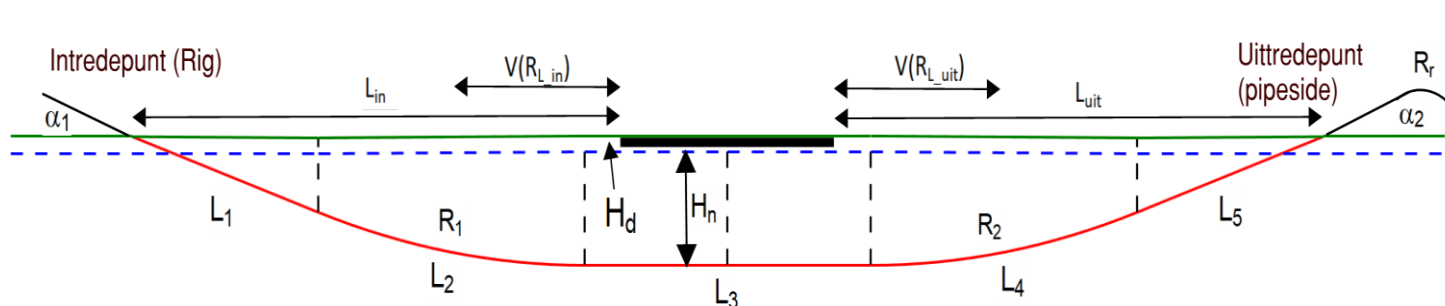
De veiligheidszone wordt gemeten uit de teenlijn van de aardebaan van een waterkering of een weg. De breedte van de veiligheidszone is gelijk aan de straal van de verstoringszone (R_k) vermeerderd met de breedte van de stabiliteitszone, zie figuur 1. De verstoringszone wordt bepaald door ontgronding en/of verstoringen door lekkage, breuk of explosie van de leiding.

OPMERKING In figuur 1 valt het leidingdeel met de veronderstelde plaats van de lekkage buiten de veiligheidszone en dus buiten de eisen van NEN 3651. Wordt het lek dicht naar het werk toe verschoven, dan begint de veiligheidszone op de plaats van het lek zodra de verstoringszone de stabiliteitszone raakt.

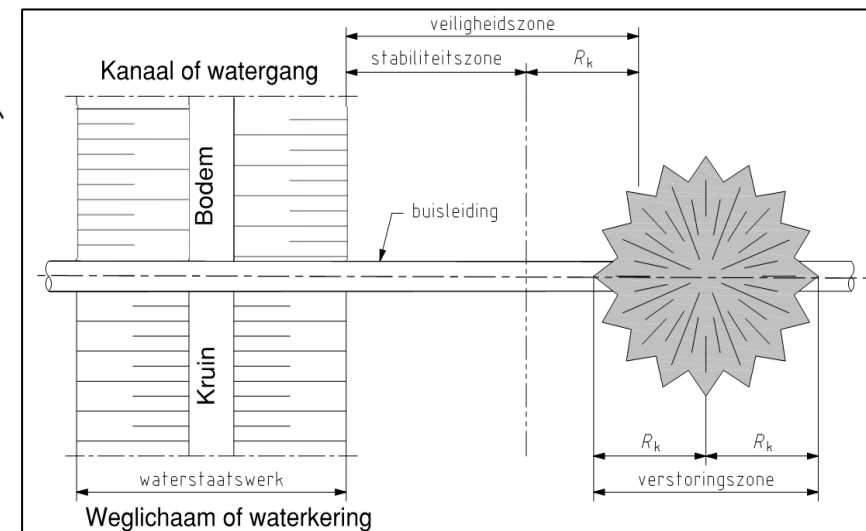
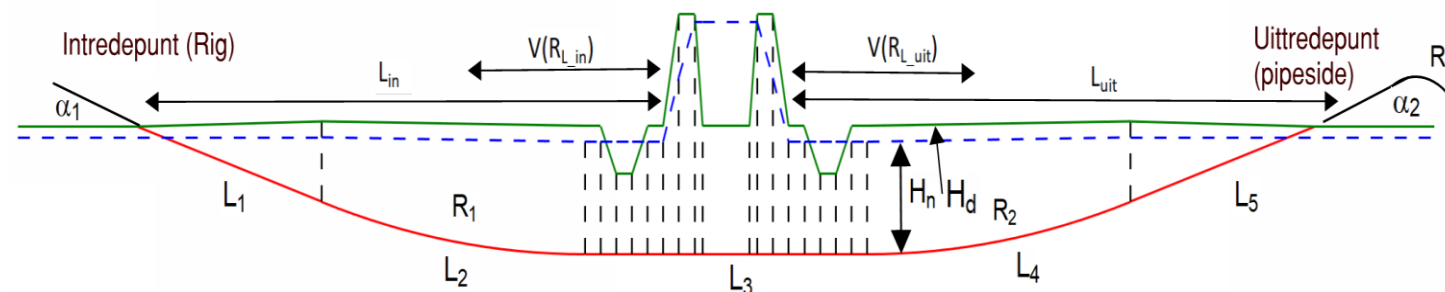
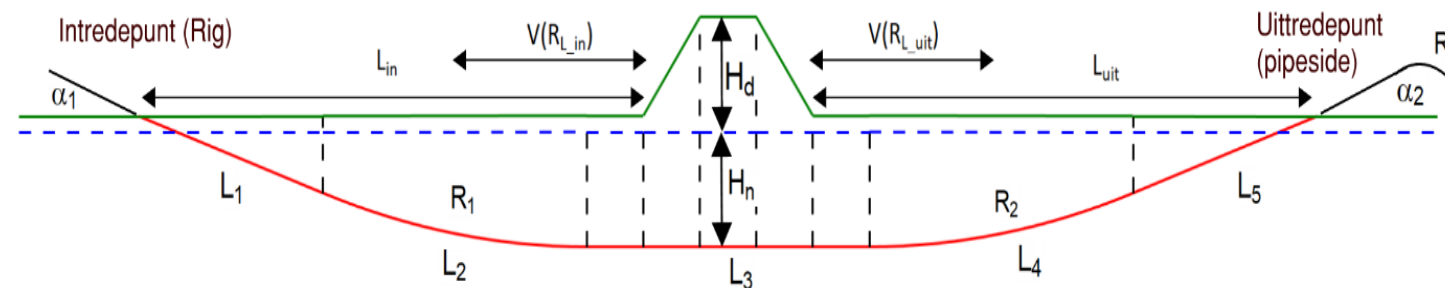








Waterstaatswerk verheeld met aangrenzend gebied



Waterstaatswerk niet verheeld met aangrenzend gebied: dus zichtbaar in het gebied

Veiligheidszone vloeistofleiding

Verheelde situatie

Projectgegevens

Naam van het project:

Projectonderdeel:

Leiding- en materiaalgegevens

Uitwendige middellijn [mm]:

Wanddikte [mm]:

Medium

Medium: ☒ Vloeistof ☐ Gas ☐ Drukloos

Ontwerpdruk [N/mm^2]:

Volumieke massa medium [kg/m^3]:

Aanvullende pomp-/lekgegevens: ☐ Ja ☒ Nee

Grondmechanische gegevens

Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld [m]:

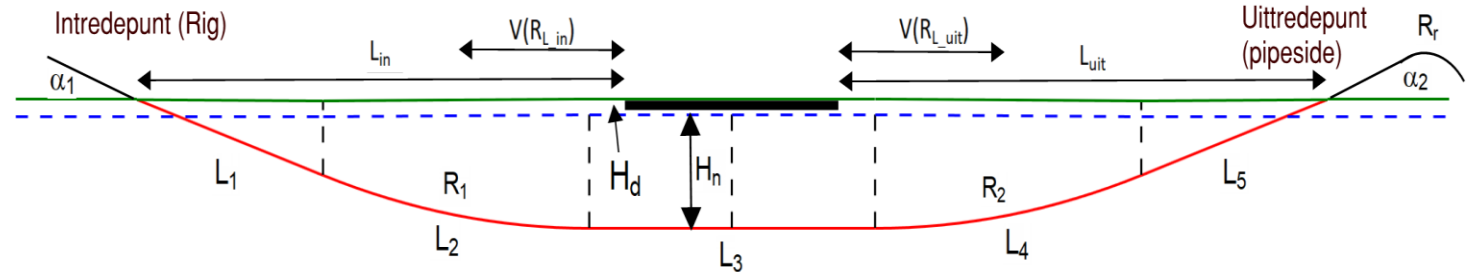
Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone

Waterstaatswerk: ☒ Verheeld ☐ Niet Verheeld

Diagram illustrating the safety zone calculation for a pipe section. The diagram shows a pipe section with various parameters labeled: L_1 , L_2 , L_3 , L_4 , L_5 , R_1 , R_2 , R_d , R_r , L_{in} , L_{out} , $V(R_{t, in})$, $V(R_{t, out})$, H_d , H_r , α_1 , α_2 , and R_r . The diagram also shows the "Intredepunt (Rig)" and "Uitredpunt (pipeside)".

- 1 Algemeen scherm Veiligheidszone
- 2 We zien vijf blokken met gegevens.
 - Projectgegevens
 - Leiding- en materiaalgegevens
 - Gegevens medium
 - Grondmechanische gegevens
 - Gegevens waterstaatswerk
- 3 Voer de gegevens in die op dit scherm staan. Let op dat er niet gevraagd wordt om het leidingmateriaal in te voeren. Alleen uitwendige middellijn en de wanddikte.

Verheeld waterstaatswerk



- Stap 1)** Vul de naam van het project in (bijv. Vernieuwen waterleiding Maasdijk in Dordrecht)
- Stap 2)** Vul de naam van het projectonderdeel in (bijv. Veiligheidszoneberekening waterleiding)
- Stap 3)** Vul de relevante gegevens in:
- De “Uitwendige middellijn” en de “Wanddikte” (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
 - De gronddekking van de leiding
 - Welk medium is van toepassing: in dit geval “Vloeistof”
 - De normaal heersende druk (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
 - Volumieke massa vloeistof (bij water is dit 1000 kg/m^3 , bij olie is dat vaak 800 kg/m^3)
 - Vink aan of sprake is van aanvullende pomp-/lekgegevens (in dit voorbeeld “Nee”)
 - Vink aan of het waterstaatswerk verheeld of niet verheeld is (in dit voorbeeld “Nee”)
- Stap 4)** Klik “Berekenen”

Oefening #1: Veiligheidszone vloeistofleiding

Resultaten

Berekening van de factor $H^3 \cdot D_l^5$

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

$$H = \frac{300.000}{1.000 \cdot 9,81} = 30,58 \text{ m} \rightarrow H^3 \cdot D_l^5 = 30,58^3 \cdot 0,26^5 = 32,44 \text{ m}^8$$

Berekening van de halve breedte van de erosiekrater R_B

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

$$R_B = 8 \cdot \sqrt[8]{30,58^3 \cdot 0,26^5} = 12,36 \text{ m}$$

Berekening van de halve lengte van de erosiekrater R_L

Indien er sprake is van een klein gat: $R_{L1} = 0,5 \cdot R_B = 6,18 \text{ m}$

Indien er sprake is van een groot gat: $R_{L2} = R_B = 12,36 \text{ m}$

Indien er sprake is van niet-trekvraste verbindingen: $R_{L3} = 2 \cdot R_B = 24,72 \text{ m}$

Berekening van de veiligheidszone

Indien er sprake is van een evenwijdige ligging met een waterkering:

$$\text{Veiligheidszone} = 4 \cdot H_{\text{werk}} + R_B = 4 \cdot 0,00 + 12,36 = 12,36 \text{ m}$$

Indien er sprake is van een kruising met een waterkering:

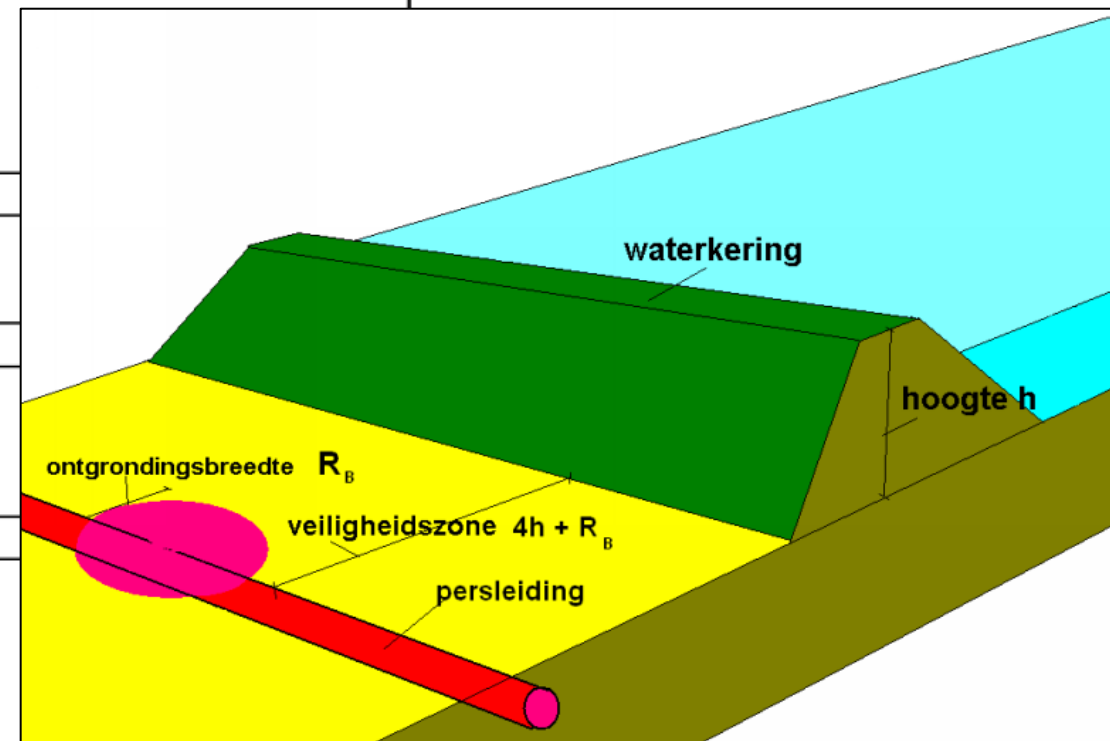
$$\text{Veiligheidszone} = 4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L1} = 4 \cdot 0,00 + 6,18 = 6,18 \text{ m}$$

$$\text{Veiligheidszone} = 4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L2} = 4 \cdot 0,00 + 12,36 = 12,36 \text{ m}$$

$$\text{Veiligheidszone} = 4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L3} = 4 \cdot 0,00 + 24,72 = 24,72 \text{ m}$$

Berekening van de diepte van de erosiekrater

$$D_K = 1,2 \cdot (D_0 + H) = 1,2 \cdot (0,315 + 1) = 1,58 \text{ m}$$



Indien de leiding in de veiligheidszone wordt gelegd moet deze voldoen aan de NEN 3650 / NEN 3651.

Veiligheidszone vloeistofleiding

Niet verheelde situatie

Projectgegevens

Naam van het project: Cursus Sigma 2020

Projectonderdeel: Oefening 2: Vloeistofleiding

Leiding- en materiaalgegevens

Uitwendige middellijn [mm]: 315,0_

Wanddikte [mm]: 28,7_

Medium

Medium: ☒ Vloeistof ☐ Gas ☐ Drukloos

Ontwerpdruk [N/mm²]: 0,3_

Volumieke massa medium [kg/m³]: 1000,0_

Aanvullende pomp-/lekgegevens: ☐ Ja ☒ Nee

Grondmechanische gegevens

Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld [m]: 1,0_

Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone

Waterstaatswerk: ☐ Verheeld ☒ Niet Verheeld

Hoogteverschil kruin-maaiveld [m]: 2,5_

☐ Aangepaste breedte stabiliteitszone [m]: 10,0_

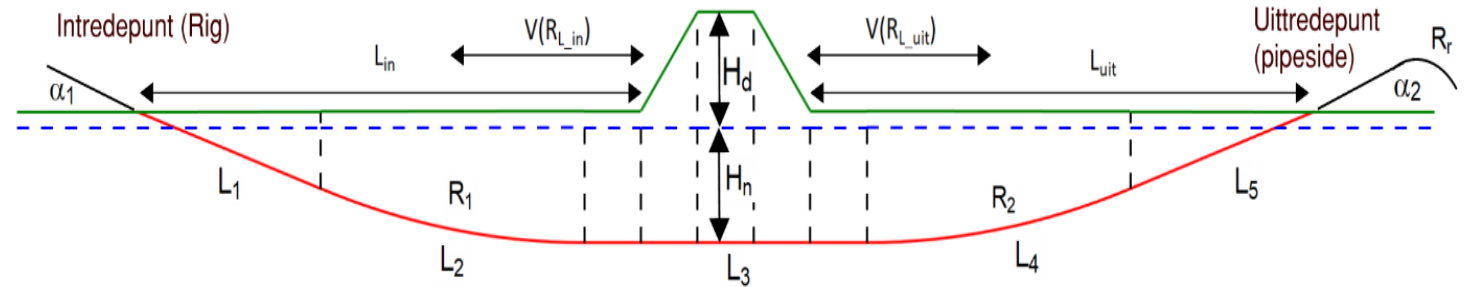
Diagram: A cross-section diagram of a pipe showing the safety zone. The diagram includes labels for the Intredepunt (Rig), Uitredepunt (pipeside), and various dimensions: L_1 , L_2 , L_3 , L_4 , L_5 , R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_5 , H_d , H_n , H_s , H_t , H_u , H_v , H_w , H_x , H_y , H_z , H_{a1} , H_{a2} , H_{a3} , H_{a4} , H_{a5} , H_{a6} , H_{a7} , H_{a8} , H_{a9} , H_{a10} , H_{a11} , H_{a12} , H_{a13} , H_{a14} , H_{a15} , H_{a16} , H_{a17} , H_{a18} , H_{a19} , H_{a20} , H_{a21} , H_{a22} , H_{a23} , H_{a24} , H_{a25} , H_{a26} , H_{a27} , H_{a28} , H_{a29} , H_{a30} , H_{a31} , H_{a32} , H_{a33} , H_{a34} , H_{a35} , H_{a36} , H_{a37} , H_{a38} , H_{a39} , H_{a40} , H_{a41} , H_{a42} , H_{a43} , H_{a44} , H_{a45} , H_{a46} , H_{a47} , H_{a48} , H_{a49} , H_{a50} , H_{a51} , H_{a52} , H_{a53} , H_{a54} , H_{a55} , H_{a56} , H_{a57} , H_{a58} , H_{a59} , H_{a60} , H_{a61} , H_{a62} , H_{a63} , H_{a64} , H_{a65} , H_{a66} , H_{a67} , H_{a68} , H_{a69} , H_{a70} , H_{a71} , H_{a72} , H_{a73} , H_{a74} , H_{a75} , H_{a76} , H_{a77} , H_{a78} , H_{a79} , H_{a80} , H_{a81} , H_{a82} , H_{a83} , H_{a84} , H_{a85} , H_{a86} , H_{a87} , H_{a88} , H_{a89} , H_{a90} , H_{a91} , H_{a92} , H_{a93} , H_{a94} , H_{a95} , H_{a96} , H_{a97} , H_{a98} , H_{a99} , H_{a100} .

- 1 Algemeen scherm Veiligheidszone
- 2 We zien vijf blokken met gegevens.
 - Projectgegevens
 - Leiding- en materiaalgegevens
 - Gegevens medium
 - Grondmechanische gegevens
 - Gegevens waterstaatswerk
- 3 Voer de gegevens in die op dit scherm staan. Let op dat er niet gevraagd wordt om het leidingmateriaal in te voeren. Alleen uitwendige middellijn en de wanddikte.

Oefening #2: Veiligheidszone vloeistofleiding

stap voor stap

Niet verheeld waterstaatswerk



Stap 1) Vul de naam van het project in (bijv. Vernieuwen waterleiding Maasdijk in Dordrecht)

Stap 2) Vul de naam van het projectonderdeel in (bijv. Veiligheidszoneberekening waterleiding)

Stap 3) Vul de relevante gegevens in:

- De “Uitwendige middellijn” en de “Wanddikte” (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
 - De gronddekking van de leiding
 - Welk medium is van toepassing: in dit geval “Vloeistof”
 - De normaal heersende druk (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
 - Volumieke massa vloeistof (bij water is dit 1000 kg/m^3 , bij olie is dat vaak 800 kg/m^3)
 - Vink aan of sprake is van aanvullende pomp-/lekgegevens (in dit voorbeeld “Nee”)
 - Vink aan of het waterstaatswerk verheeld of niet verheeld is (in dit voorbeeld “Ja”)
- Standaard is het hoogteverschil kruin-maaiveld 2,5 m

Stap 4) Klik “Berekenen”

Oefening #2: Veiligheidszone vloeistofleiding

Resultaten

Berekening van de factor $H^3 \cdot D_i^5$

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

$$H = \frac{300.000}{1.000 \cdot 9,81} = 30,58 \text{ m} \rightarrow H^3 \cdot D_i^5 = 30,58^3 \cdot 0,26^5 = 32,44 \text{ m}^8$$

Berekening van de halve breedte van de erosiekrater R_B

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

$$R_B = 8 \cdot \sqrt[8]{30,58^3 \cdot 0,26^5} = 12,36 \text{ m}$$

Berekening van de halve lengte van de erosiekrater R_L

Indien er sprake is van een klein gat: $R_{L1} = 0,5 \cdot R_B = 6,18 \text{ m}$

Indien er sprake is van een groot gat: $R_{L2} = R_B = 12,36 \text{ m}$

Indien er sprake is van niet-trekvaste verbindingen: $R_{L3} = 2 \cdot R_B = 24,72 \text{ m}$

Berekening van de veiligheidszone

Indien er sprake is van een evenwijdige ligging met een waterkering:

$$\text{Veiligheidszone} = 4 \cdot H_{\text{werk}} + R_B = 4 \cdot 2,50 + 12,36 = 22,36 \text{ m}$$

Indien er sprake is van een kruising met een waterkering:

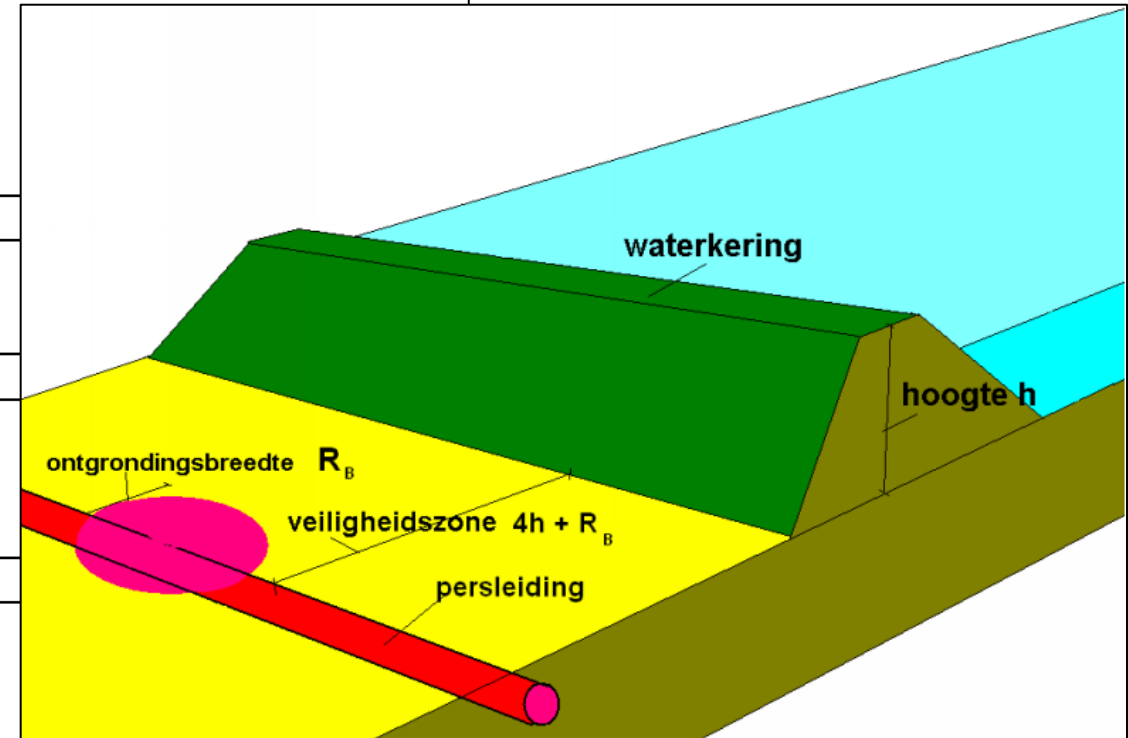
$$\text{Veiligheidszone} = 4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L1} = 4 \cdot 2,50 + 6,18 = 16,18 \text{ m}$$

$$\text{Veiligheidszone} = 4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L2} = 4 \cdot 2,50 + 12,36 = 22,36 \text{ m}$$

$$\text{Veiligheidszone} = 4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L3} = 4 \cdot 2,50 + 24,72 = 34,72 \text{ m}$$

Berekening van de diepte van de erosiekrater

$$D_K = 1,2 \cdot (D_0 + H) = 1,2 \cdot (0,315 + 1) = 1,58 \text{ m}$$



Indien de leiding in de veiligheidszone wordt gelegd moet deze voldoen aan de NEN 3650 / NEN 3651.

Projectgegevens

Naam van het project: Cursus Sigma 2020

Projectonderdeel: Oefening 3: Vloeistofleiding met pompgegevens

Leiding- en materiaalgegevens

Uitwendige middellijn [mm]: 315,0_

Wanddikte [mm]: 28,7_

Medium

Medium: ☒ Vloeistof ☐ Gas ☐ Drukloos

Ontwerpdruk [N/mm²]: 0,3_

Volumieke massa medium [kg/m³]: 1000,0_

Aanvullende pomp-/lekgegevens ☒ Ja ☐ Nee

Maximaal debiet [m³/uur]: 35,0_

Maximale opvoerhoogte [m_{vk}]: 30,0_

Grondmechanische gegevens

Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld [m]: 1,0_

Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone

Waterstaatswerk: ☐ Verheeld ☒ Niet Verheeld

Hoogteverschil kruin-maaiveld [m]: 2,5_

☐ Aangepaste breedte stabiliteitszone [m]: 10,0_

Diagram: Intredepunt (Rig) to Uitredepunt (pipeside) showing various lengths (L₁, L₂, L₃, L₄, L₅) and radii (R₁, R₂, R₃, R₄, R₅).

1 Algemeen scherm Veiligheidszone

2 We zien vijf blokken met gegevens.

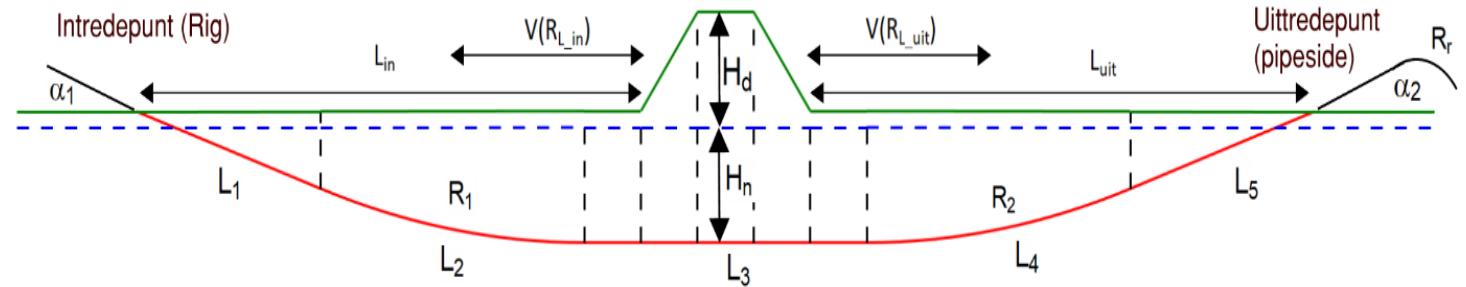
- Projectgegevens
- Leiding- en materiaalgegevens
- Gegevens medium
- **Pompgegevens**
- Grondmechanische gegevens
- Gegevens waterstaatswerk

3 Voer de gegevens in die op dit scherm staan. Let op dat er niet gevraagd wordt om het leidingmateriaal in te voeren. Alleen uitwendige middellijn en de wanddikte.

Oefening #3: Vloeistofleiding met pompgegevens

stap voor stap

Niet verheeld waterstaatswerk



Stap 1) Vul de naam van het project in (bijv. Vernieuwen waterleiding Maasdijk in Dordrecht)

Stap 2) Vul de naam van het projectonderdeel in (bijv. Veiligheidszoneberekening waterleiding)

Stap 3) Vul de relevante gegevens in:

- De “Uitwendige middellijn” en de “Wanddikte” (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
- De gronddekking van de leiding
- Welk medium is van toepassing: in dit geval “Vloeistof”
- De normaal heersende druk (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
- Volumieke massa vloeistof (bij water is dit 1000 kg/m^3 , bij olie is dat vaak 800 kg/m^3)
- Vink “Aanvullende pomp-/lekgegevens” aan. Vul $35 \text{ m}^3/\text{uur}$ en 30 mvk (meters vloeistof kolom) in
- Vink aan of het waterstaatswerk verheeld of niet verheeld is (in dit voorbeeld “Ja”)
Standaard is het hoogteverschil kruin-maaiveld $2,5 \text{ m}$

Stap 4) Klik “Berekenen”

Oefening #3: Veiligheidszone vloeistofleiding

Resultaten

Berekening van de halve breedte van de erosiekrater R_B

$$Q = Q_m = 35,00/3.600 = 0,0097 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h = H_m = 30,00 \text{ mvk}$$

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,0097 \cdot 30,00 = 2.861,25 \text{ W}$$

$$\mu = 0,0002 \cdot h^2 - 0,02 \cdot h + 1 = 0,0002 \cdot 30,00^2 - 0,02 \cdot 30,00 + 1 = 0,58$$

$$R_B = 7,8 \cdot D_i \cdot \left(\frac{P}{\rho \cdot g^{1,5} \cdot \mu \cdot D_i^{3,5}} \right)^{0,243}$$

$$R_B = 7,8 \cdot 0,2576 \cdot \left(\frac{2.861,25}{1000 \cdot 9,81^{1,5} \cdot 0,58 \cdot 0,2576^{3,5}} \right)^{0,243} = 4,08 \text{ m}$$

Berekening van de halve lengte van de erosiekrater R_L

Indien er sprake is van een klein gat: $R_{L1} = 0,5 \cdot R_B = 2,04 \text{ m}$

Indien er sprake is van een groot gat: $R_{L2} = R_B = 4,08 \text{ m}$

Indien er sprake is van niet-trekvraste verbindingen: $R_{L3} = 2 \cdot R_B = 8,17 \text{ m}$

Berekening van de veiligheidszone

Indien er sprake is van een evenwijdige ligging met een waterkering:

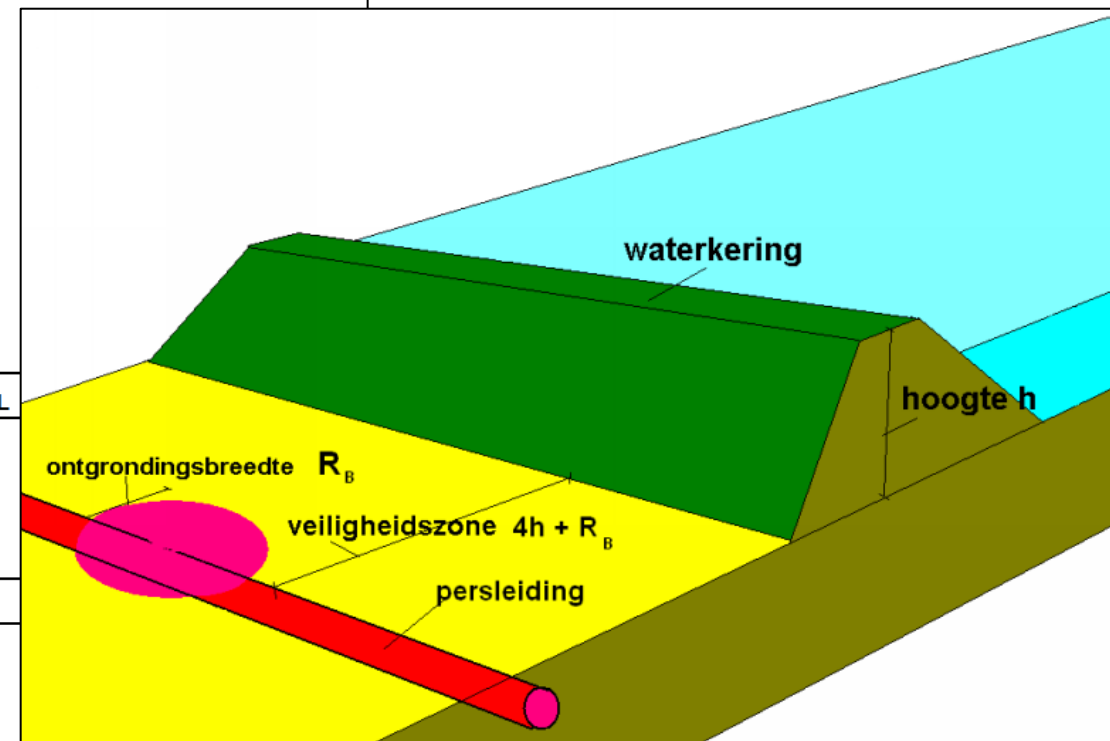
$$\text{Veiligheidszone} = 4 \cdot H_{\text{werk}} + R_B = 4 \cdot 2,50 + 4,08 = 14,08 \text{ m}$$

Indien er sprake is van een kruising met een waterkering:

$$\text{Veiligheidszone} = 4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L1} = 4 \cdot 2,50 + 2,04 = 12,04 \text{ m}$$

$$\text{Veiligheidszone} = 4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L2} = 4 \cdot 2,50 + 4,08 = 14,08 \text{ m}$$

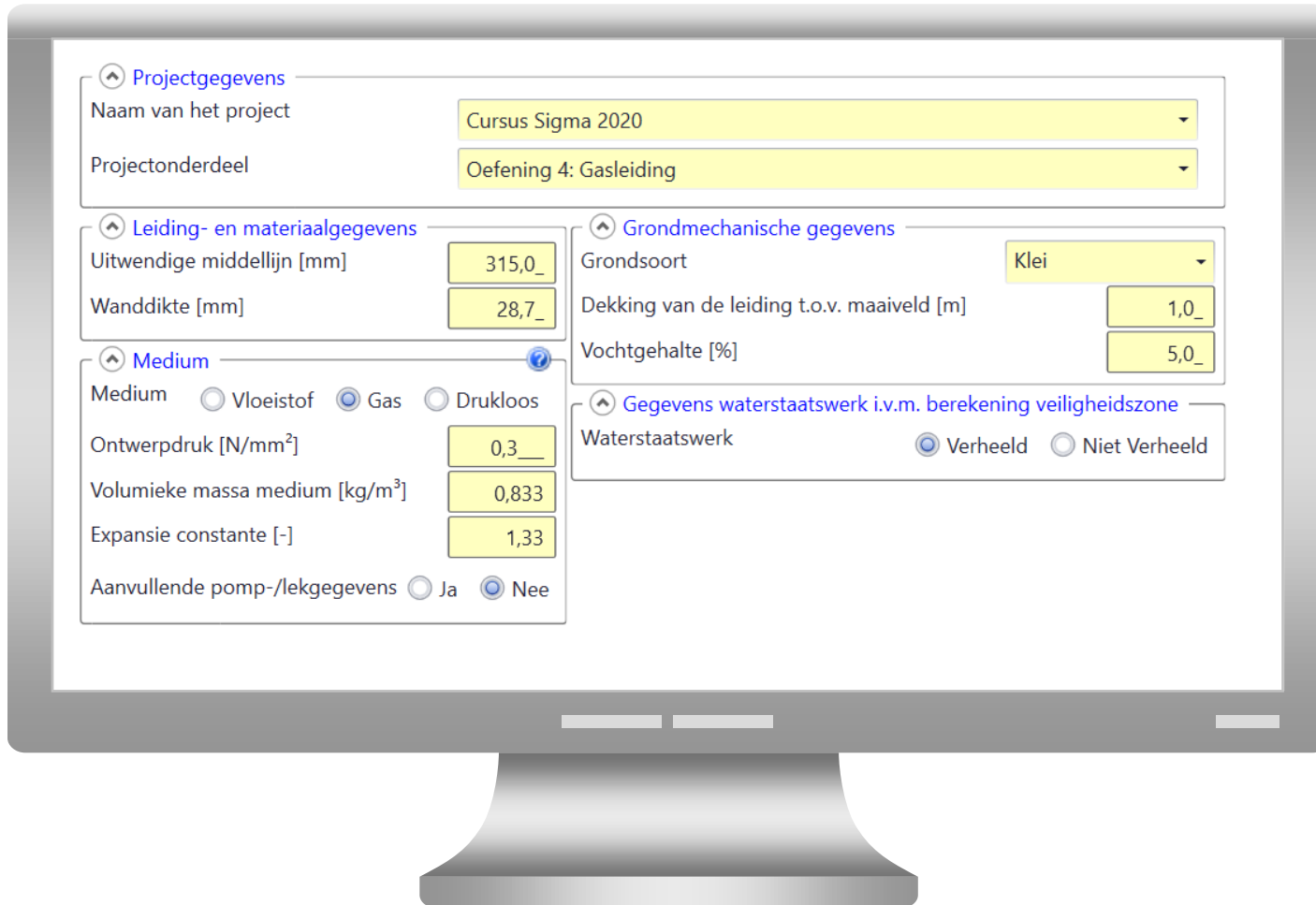
$$\text{Veiligheidszone} = 4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L3} = 4 \cdot 2,50 + 8,17 = 18,17 \text{ m}$$



Indien de leiding in de veiligheidszone wordt gelegd moet deze voldoen aan de NEN 3650 / NEN 3651.

Veiligheidszone gasleiding

Verheelde situatie



Projectgegevens

Naam van het project: Cursus Sigma 2020

Projectonderdeel: Oefening 4: Gasleiding

Leiding- en materiaalgegevens

Uitwendige middellijn [mm]: 315,0

Wanddikte [mm]: 28,7

Medium

Medium: ☐ Vloeistof ☒ Gas ☐ Drukloos

Ontwerpdruk [N/mm²]: 0,3

Volumieke massa medium [kg/m³]: 0,833

Expansie constante [-]: 1,33

Aanvullende pomp-/lekgegevens: ☐ Ja ☒ Nee

Grondmechanische gegevens

Grondsoort: Klei

Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld [m]: 1,0

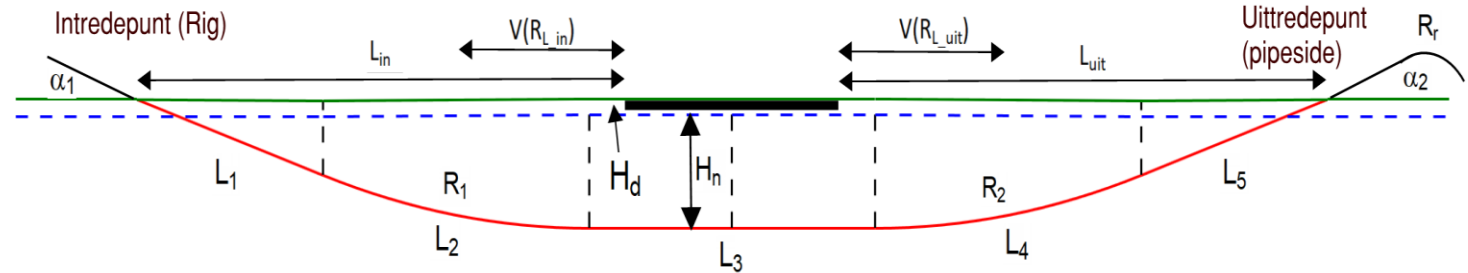
Vochtgehalte [%]: 5,0

Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone

Waterstaatswerk: ☒ Verheeld ☐ Niet Verheeld

- 1 Algemeen scherm Veiligheidszone
- 2 We zien vijf blokken met gegevens.
 - Projectgegevens
 - Leiding- en materiaalgegevens
 - Gegevens medium
 - Grondmechanische gegevens
 - Gegevens waterstaatswerk
- 3 Voer de gegevens in die op dit scherm staan. Let op dat er niet gevraagd wordt om het leidingmateriaal in te voeren. Alleen uitwendige middellijn en de wanddikte.

Verheeld waterstaatswerk



- Stap 1)** Vul de naam van het project in (bijv. Vernieuwen gasleiding Maasdijk in Dordrecht)
- Stap 2)** Vul de naam van het projectonderdeel in (bijv. Veiligheidszoneberekening gasleiding)
- Stap 3)** Vul de relevante gegevens in:
- De “Uitwendige middellijn” en de “Wanddikte” (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
 - De grondsoort, de gronddekking van de leiding en de vochtigheid van de grond
 - Welk medium is van toepassing: in dit geval “Gas”
 - De normaal heersende druk (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
 - Volumieke massa medium (bij gas is dit $0,833 \text{ kg/m}^3$) en expansie constante (standaard is dit 1,33)
 - Vink aan of sprake is van aanvullende pomp-/lekgegevens (bij gas altijd “Nee”)
 - Vink aan of het waterstaatswerk verheeld of niet verheeld is (in dit voorbeeld “Nee”)
- Stap 4)** Klik “Berekenen”

Oefening #4: Veiligheidszone gasleiding

Resultaten

$$p_d = 0,3 \text{ N/mm}^2 = 300.000 \text{ Pa}$$

$$p_{omg} = 0,1 \text{ N/mm}^2 = 100.000 \text{ Pa}$$

$$p_0 = p_d + p_{omg} = 300.000 + 100.000 = 400.000 \text{ Pa} \quad (\text{absolute druk})$$

$$p^* = p_0 \cdot \left(\frac{2}{\kappa+1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} = 400.000 \cdot \left(\frac{2}{1,33+1} \right)^{\frac{1,33}{1,33-1}} = 216.146 \text{ Pa}$$

$$\rho_0 = \rho_{omg} \cdot \frac{p_0}{p_{omg}} = 0,833 \cdot \frac{400.000}{100.000} = 3,33 \text{ kg/m}^3$$

$$u^* = \sqrt{\frac{2 \cdot \kappa}{\kappa+1} \cdot \frac{p_0}{\rho_0}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,33}{1,33+1} \cdot \frac{400.000}{3,33}} = 370,20 \text{ m/s}$$

$$\rho^* = \rho_0 \cdot \left(\frac{p^*}{p_0} \right)^{\frac{1}{\kappa}} = 3,33 \cdot \left(\frac{216.146}{400.000} \right)^{\frac{1}{1,33}} = 2,10 \text{ kg/m}^3$$

$$Q^* = \rho^* \cdot u^* \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_i^2 = 2,10 \cdot 370,20 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,26^2 = 40,47 \text{ kg/s}$$

$$I = Q^* \cdot u^* + (p^* - p_{omg}) \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_i^2 = 40,47 \cdot 370,20 + (216.146 - 100.000) \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,26^2 = 21.035,53 \text{ N}$$

$$w = 5,00 \% \rightarrow R(w) = 0,025$$

$$D_k = 40 \cdot R(w) \cdot D_0 + H = 40 \cdot 0,025 \cdot 0,32 + 1,00 = 1,32 \text{ m}$$

$$G_B = R(w) \cdot \left\{ \frac{g}{D_k^2} \cdot \left(\frac{I}{\rho_{omg} \cdot g} \right)^3 \cdot t^2 \right\}^{0,125} = 0,025 \cdot \left\{ \frac{9,81}{1,32^2} \cdot \left(\frac{21.035,53}{0,833 \cdot 9,81} \right)^3 \cdot 7.200^2 \right\}^{0,125} = 5,44 \text{ m}$$

De absolute druk is de omgevingsdruk + de druk in de leiding.

G_B = straal van de krater (haaks op de leiding)

D_k = diepte krater ten opzichte van maaiveld

G_L = straal van de krater (evenwijdig aan de leiding). De lengte daarvan is afhankelijk van de grootte van het gat én van eenzijdige of tweezijdige uitstroming.

b_o = de inwendige diameter van de leiding

- Indien er sprake is van een klein gat in de zijkant:

$$G_L = \frac{1}{2} \cdot (G_B + b_o) = \frac{1}{2} \cdot (5,44 + 0,26) = 2,85 \text{ m}$$

- Indien er sprake is van een groot gat in zijkant of eenzijdige uitstroming:

$$G_L = G_B + b_o = 5,44 + 0,26 = 5,70 \text{ m}$$

- Indien er sprake is van volledige afschuiving en tweezijdige uitstroming:

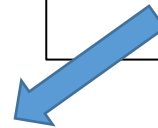
$$G_L = 2 \cdot (G_B + b_o) = 2 \cdot (5,44 + 0,26) = 11,39 \text{ m}$$

Bij een zeer lage druk (bijvoorbeeld 100 mbar) is geen sprake van een ontgrondingskrater. Na overleg met Deltares is Sigma 2022 aangepast en wordt getoetst aan 1,85 x de omgevingsdruk.

Medium	☐ Vloeistof	☒ Gas	☐ Drukloos
Ontwerpdruk [N/mm ²]	0,01		
Volumieke massa medium [kg/m ³]	0,833		
Expansie constante [-]	1,33		



$$\begin{aligned}p_d &= 0,01 \text{ N/mm}^2 = 10.000 \text{ Pa} \\p_{omg} &= 0,1 \text{ N/mm}^2 = 100.000 \text{ Pa} \\p_0 &= p_d + p_{omg} = 10.000 + 100.000 = 110.000 \text{ Pa} \quad (\text{absolute druk}) \\p^* &= p_0 \cdot \left(\frac{2}{\kappa+1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} = 110.000 \cdot \left(\frac{2}{1,33+1} \right)^{\frac{1,33}{1,33-1}} = 59.440 \text{ Pa} \\p^* \leq p_{omg} &\rightarrow \begin{aligned}u^* &= 0 \text{ m/s} \\l &= 0 \text{ N} \\G_B &= 0 \text{ m} \\D_k &= 0 \text{ m}\end{aligned}\end{aligned}$$



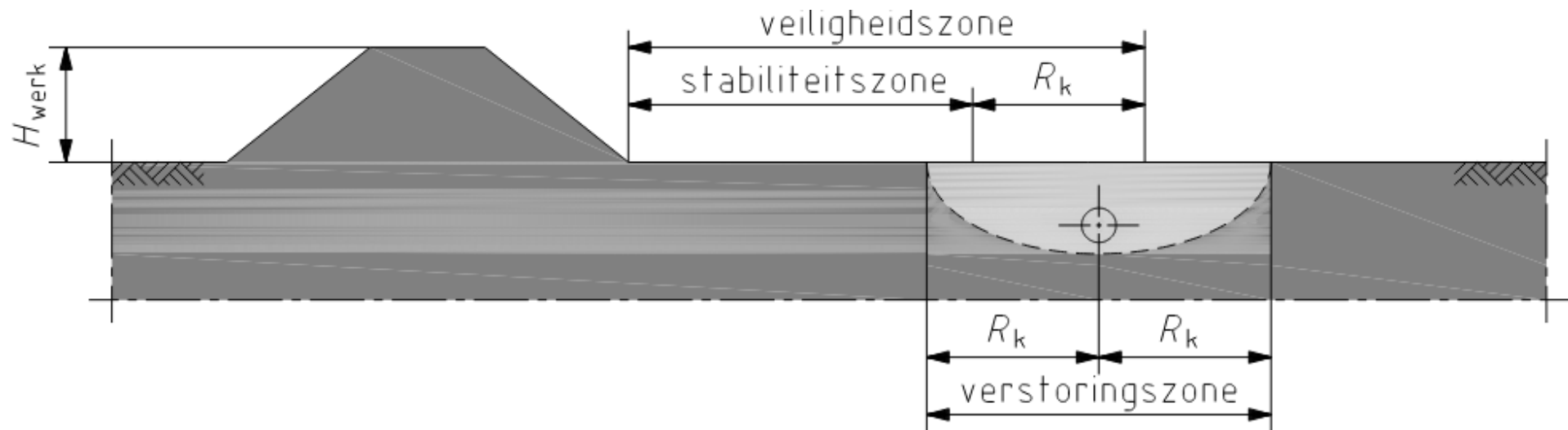
Opmerking: De formule voor de kritische uitstroomsnelheid u^* is geldig zolang de absolute druk in de leiding groter is dan 1,85x de omgevingsdruk, dus bij een ontwerpdruk groter dan 0,85 bar. Als de ontwerpdruk kleiner is dan, of gelijk aan 0,85 bar, wordt u^* verwaarloosbaar klein.

Er zijn dus twee aspecten die nader bekeken moeten worden.

1. De grootte van de ontgrondingskrater moet worden berekend.
De berekeningswijze varieert dus qua medium en/of druk. Zie voorgaande pagina's.
2. Ten tweede moet worden vastgesteld hoe groot de stabiliteitszone van het waterstaatswerk is.

Voor leidingen evenwijdig aan het waterstaatswerk zijn de eisen van NEN 3651 van toepassing als de stabiliteitszone en de verstoringszone elkaar overlappen (figuur 2a).

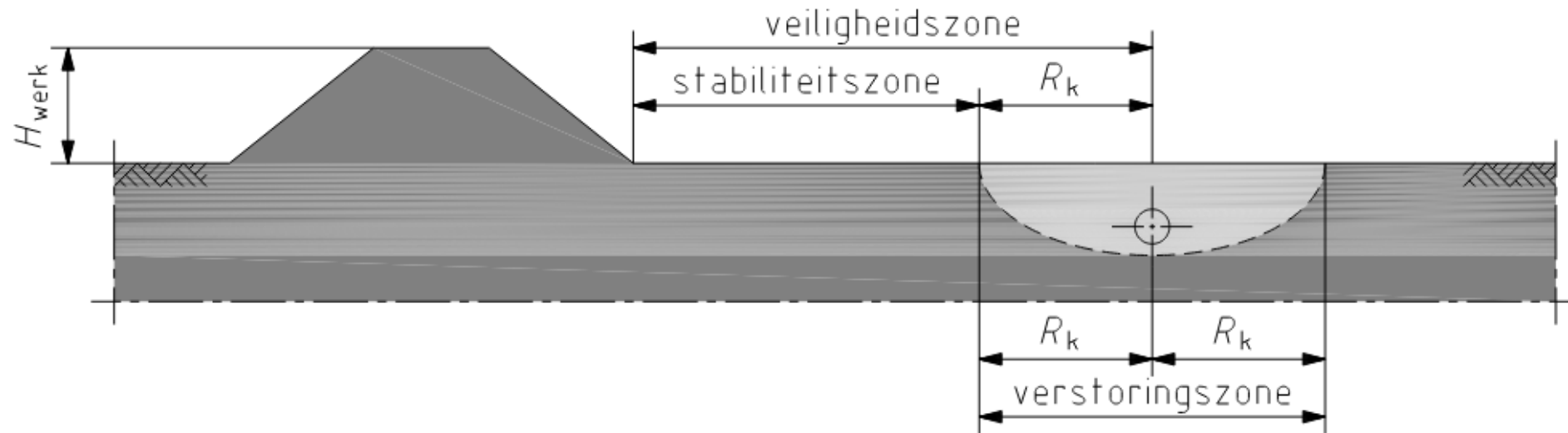
NEN 3651 is niet van toepassing indien de stabiliteitszone en de verstoringszone elkaar raken (figuur 2b) en voor leidingen buiten de veiligheidszone (figuur 2c NEN 3651).



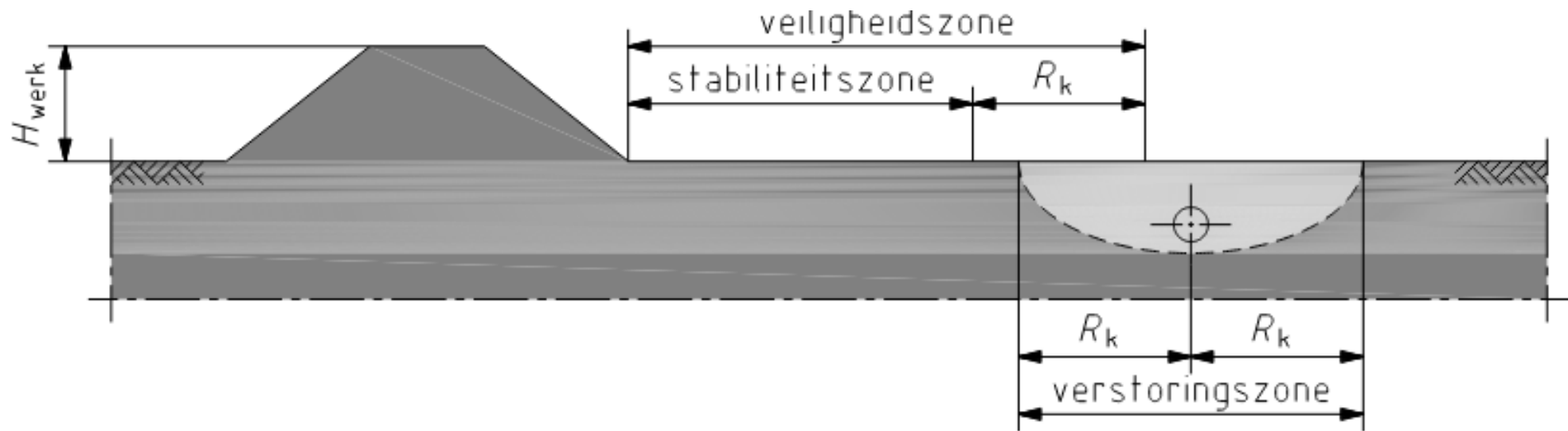
Legenda

H_{werk} is de hoogte van het waterstaatswerk
 R_k is de straal van de verstoringszone

Figuur 2a — Parallele leiding ligt binnen de veiligheidszone: NEN 3651 van toepassing



Figuur 2b — Verstoringszone van de parallelle leiding en stabiliteitszone van de waterkering raken elkaar: NEN 3651 niet van toepassing



Figuur 2c — Verstoringszone van de parallelle leiding ligt buiten de stabiliteitszone van de waterkering: NEN 3651 niet van toepassing

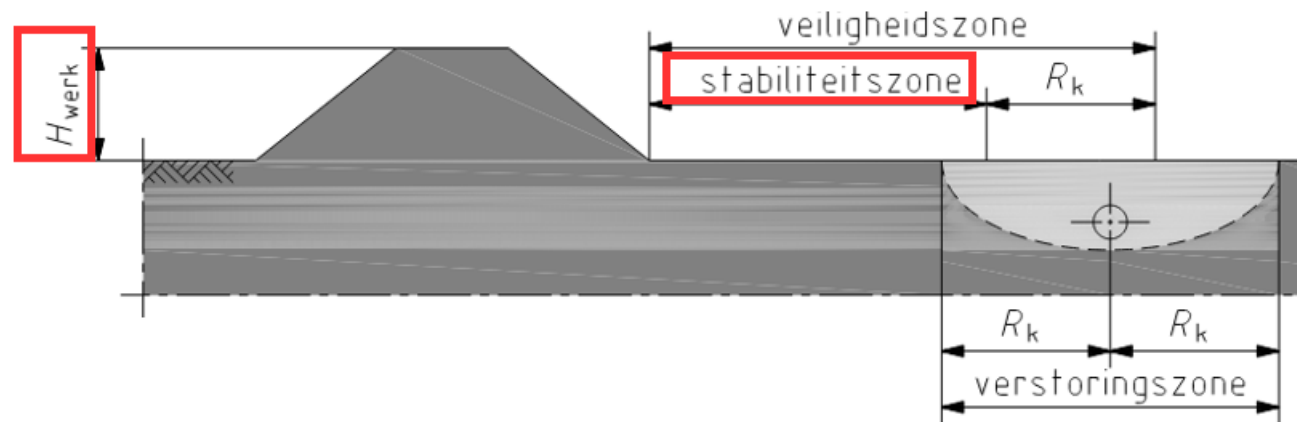
Veiligheidszone

Conservatieve stabiliteitszone 4 x H_w

De breedte van de stabiliteitszone hangt af van de eigenschappen van de ondergrond en de afmetingen van het werk.

Deze breedte kan door een grondmechanisch onderzoek worden bepaald.

Indien echter blijkt dat er geen bijzondere omstandigheden zijn die aanleiding geven tot evenwichtsverlies van de grondslag, kan de breedte van deze terreinstrook zonder nader onderzoek worden bepaald op viermaal de hoogte van het werk (H_{werk}) boven het maaiveld.



Veiligheidszone

Conservatieve stabiliteitszone $4 \times H_w$

Deze vuistregel $4H_w$ wordt al geruime tijd gebruikt.

In de *Leidraad voor constructie en beheer van vloeistofleidingen in en nabij waterkeringen* (nr. C-71.035) van de Technische adviescommissie voor de waterkeringen is die vuistregel in 1971 geadviseerd.

In die tijd maakte men dergelijke berekeningen zonder computer.

Breedte van de terreinstrook langs de waterkering die ongestoord moet blijven

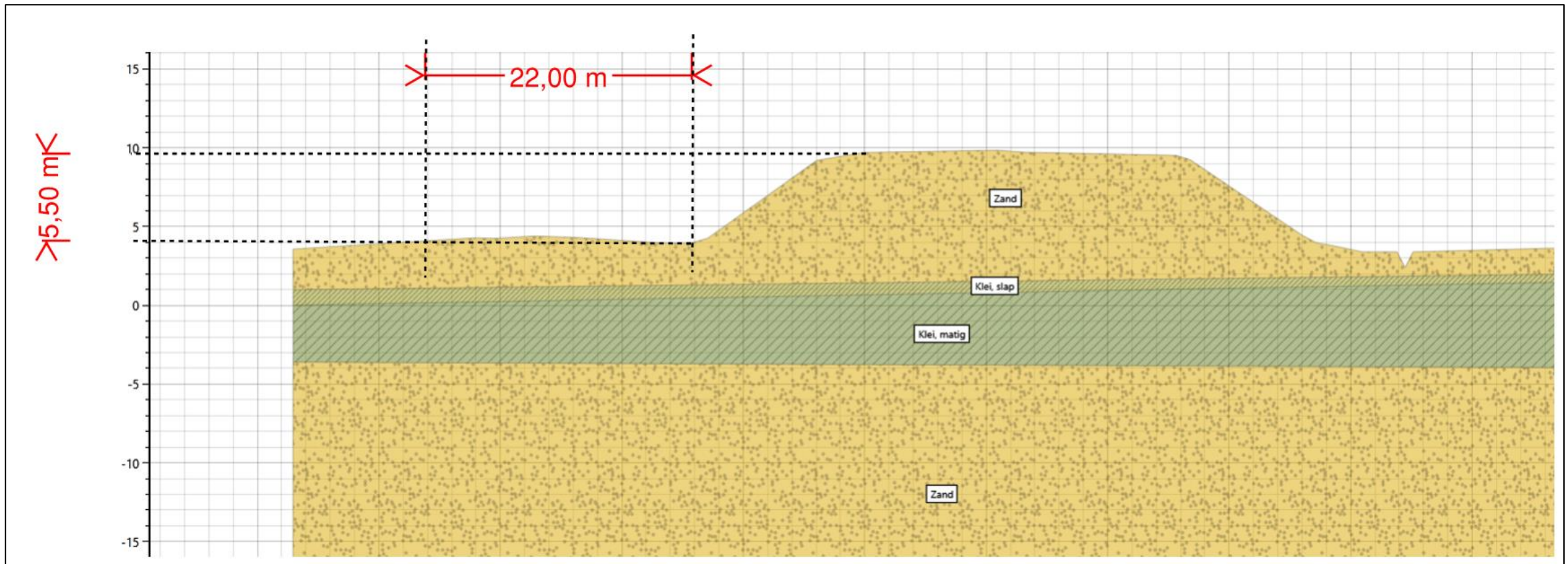
De breedte van de langs de waterkering gelegen terreinstrook waar in geval van lek van de leiding de grond ongestoord moet blijven, hangt af van grondslag en afmetingen van de waterkering.

Het Laboratorium voor Grondmechanica heeft op verzoek van de commissie enige stabiliteitsberekeningen uitgevoerd. Daarbij werd verondersteld dat een homogeen dijklichaam rust op een homogene ondergrond van hetzelfde materiaal. Voor verschillende grondeigenschappen heeft men het ongunstigste (cirkelvormige) glijvlak bepaald. Men heeft dus onderzocht in welk glijvlak de verhouding van optredende en toelaatbare schuifspanningen het grootst was. Vervolgens heeft men eenzelfde berekening uitgevoerd, waarbij werd verondersteld dat op verschillende afstanden van de dijk een ontgronding aanwezig was. Een ontgronding op een afstand uit de teen van de dijk gelijk aan 4 maal de hoogte van de dijk bleek de ligging van het ongunstigste glijvlak nagenoeg niet meer te beïnvloeden.

Een ontgronding op deze afstand zal dus geen uitwerking meer hebben op de stabiliteit van de waterkering, afgezien van de veiligheid tegen afschuiven die in feite aanwezig is.

Veiligheidszone

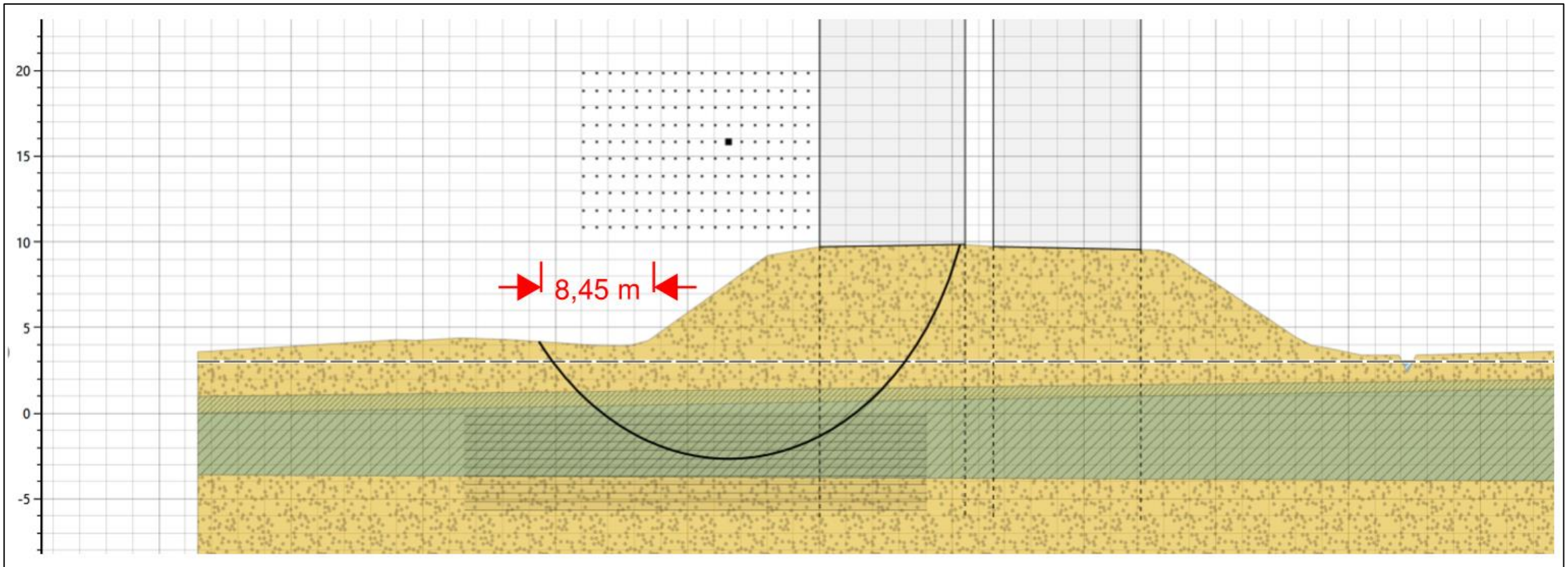
Conservatieve stabiliteitszone 4 x Hw



Voorbeeld: een weglichaam bestaat uit zandgrond, daaronder bevindt zich een slappe klei laag.
De stabiliteitszone is een zone die je kunt berekenen op basis van 4 x hoogteverschil kruin-maaiveld.
In dit geval is dit dus $4 \times 5,5 \text{ m} = 22 \text{ m}$.

Veiligheidszone

Berekende stabiliteitszone



Met behulp van een stabiliteitsberekening kun je het glijvlak bepalen. In dit geval eindigt dit op 8,45 m uit de teen van het weglichaam, ofwel een verschil van $22\text{ m} - 8,45\text{ m} = 13,55\text{ m}$. De afstand van 8,45 m kan worden ingevoerd in het programma Sigma. Zo wordt een kleinere veiligheidszone berekend.

Veiligheidszone

Berekende stabiliteitszone

Projectgegevens

Naam van het project: Cursus Sigma 2020

Projectonderdeel: Oefening 5: Vloeistofleiding met gebruik van stabiliteitszone

Leiding- en materiaalgegevens

Uitwendige middellijn [mm]: 315,0

Wanddikte [mm]: 28,7

Medium

Medium: ☒ Vloeistof ☐ Gas ☐ Drukloos

Ontwerpdruk [N/mm^2]: 0,3

Volumieke massa medium [kg/m^3]: 1000,0

Aanvullende pomp-/lekgegevens: ☐ Ja ☒ Nee

Grondmechanische gegevens

Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld [m]: 1,0

Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone

Waterstaatswerk: ☐ Verheeld ☒ Niet Verheeld

Hoogteverschil kruin-maaiveld [m]: 5,5

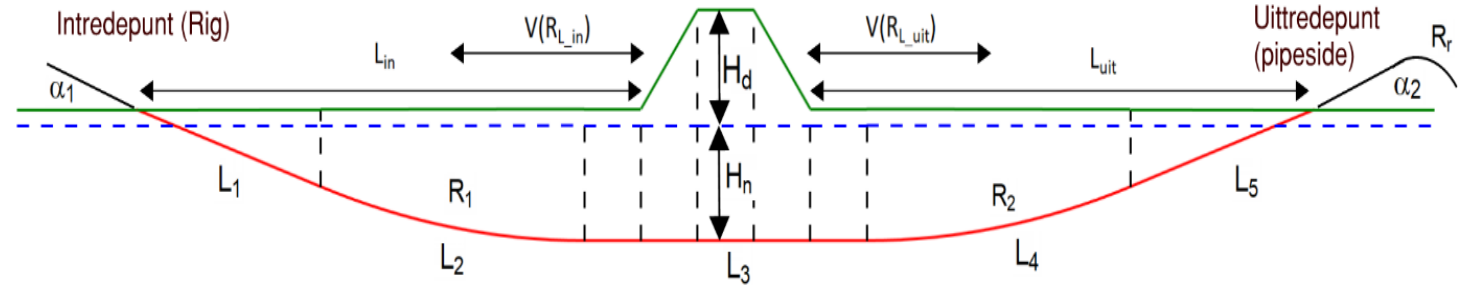
☒ Aangepaste breedte stabiliteitszone [m]: 8,45

Diagram: Intredepunt (Rig) α_1 L_1 L_2 L_3 L_4 L_5 α_2 R_1 R_2 R_3 R_4 R_5 R_6 R_7 R_8 R_9 R_{10} R_{11} R_{12} R_{13} R_{14} R_{15} R_{16} R_{17} R_{18} R_{19} R_{20} R_{21} R_{22} R_{23} R_{24} R_{25} R_{26} R_{27} R_{28} R_{29} R_{30} R_{31} R_{32} R_{33} R_{34} R_{35} R_{36} R_{37} R_{38} R_{39} R_{40} R_{41} R_{42} R_{43} R_{44} R_{45} R_{46} R_{47} R_{48} R_{49} R_{50} R_{51} R_{52} R_{53} R_{54} R_{55} R_{56} R_{57} R_{58} R_{59} R_{60} R_{61} R_{62} R_{63} R_{64} R_{65} R_{66} R_{67} R_{68} R_{69} R_{70} R_{71} R_{72} R_{73} R_{74} R_{75} R_{76} R_{77} R_{78} R_{79} R_{80} R_{81} R_{82} R_{83} R_{84} R_{85} R_{86} R_{87} R_{88} R_{89} R_{90} R_{91} R_{92} R_{93} R_{94} R_{95} R_{96} R_{97} R_{98} R_{99} R_{100} R_{101} R_{102} R_{103} R_{104} R_{105} R_{106} R_{107} R_{108} R_{109} R_{110} R_{111} R_{112} R_{113} R_{114} R_{115} R_{116} R_{117} R_{118} R_{119} R_{120} R_{121} R_{122} R_{123} R_{124} R_{125} R_{126} R_{127} R_{128} R_{129} R_{130} R_{131} R_{132} R_{133} R_{134} R_{135} R_{136} R_{137} R_{138} R_{139} R_{140} R_{141} R_{142} R_{143} R_{144} R_{145} R_{146} R_{147} R_{148} R_{149} R_{150} R_{151} R_{152} R_{153} R_{154} R_{155} R_{156} R_{157} R_{158} R_{159} R_{160} R_{161} R_{162} R_{163} R_{164} R_{165} R_{166} R_{167} R_{168} R_{169} R_{170} R_{171} R_{172} R_{173} R_{174} R_{175} R_{176} R_{177} R_{178} R_{179} R_{180} R_{181} R_{182} R_{183} R_{184} R_{185} R_{186} R_{187} R_{188} R_{189} R_{190} R_{191} R_{192} R_{193} R_{194} R_{195} R_{196} R_{197} R_{198} R_{199} R_{200} R_{201} R_{202} R_{203} R_{204} R_{205} R_{206} R_{207} R_{208} R_{209} R_{210} R_{211} R_{212} R_{213} R_{214} R_{215} R_{216} R_{217} R_{218} R_{219} R_{220} R_{221} R_{222} R_{223} R_{224} R_{225} R_{226} R_{227} R_{228} R_{229} R_{230} R_{231} R_{232} R_{233} R_{234} R_{235} R_{236} R_{237} R_{238} R_{239} R_{240} R_{241} R_{242} R_{243} R_{244} R_{245} R_{246} R_{247} R_{248} R_{249} R_{250} R_{251} R_{252} R_{253} R_{254} R_{255} R_{256} R_{257} R_{258} R_{259} R_{260} R_{261} R_{262} R_{263} R_{264} R_{265} R_{266} R_{267} R_{268} R_{269} R_{270} R_{271} R_{272} R_{273} R_{274} R_{275} R_{276} R_{277} R_{278} R_{279} R_{280} R_{281} R_{282} R_{283} R_{284} R_{285} R_{286} R_{287} R_{288} R_{289} R_{290} R_{291} R_{292} R_{293} R_{294} R_{295} R_{296} R_{297} R_{298} R_{299} R_{300} R_{301} R_{302} R_{303} R_{304} R_{305} R_{306} R_{307} R_{308} R_{309} R_{310} R_{311} R_{312} R_{313} R_{314} R_{315} R_{316} R_{317} R_{318} R_{319} R_{320} R_{321} R_{322} R_{323} R_{324} R_{325} R_{326} R_{327} R_{328} R_{329} R_{330} R_{331} R_{332} R_{333} R_{334} R_{335} R_{336} R_{337} R_{338} R_{339} R_{340} R_{341} R_{342} R_{343} R_{344} R_{345} R_{346} R_{347} R_{348} R_{349} R_{350} R_{351} R_{352} R_{353} R_{354} R_{355} R_{356} R_{357} R_{358} R_{359} R_{360} R_{361} R_{362} R_{363} R_{364} R_{365} R_{366} R_{367} R_{368} R_{369} R_{370} R_{371} R_{372} R_{373} R_{374} R_{375} R_{376} R_{377} R_{378} R_{379} R_{380} R_{381} R_{382} R_{383} R_{384} R_{385} R_{386} R_{387} R_{388} R_{389} R_{390} R_{391} R_{392} R_{393} R_{394} R_{395} R_{396} R_{397} R_{398} R_{399} R_{400} R_{401} R_{402} R_{403} R_{404} R_{405} R_{406} R_{407} R_{408} R_{409} R_{410} R_{411} R_{412} R_{413} R_{414} R_{415} R_{416} R_{417} R_{418} R_{419} R_{420} R_{421} R_{422} R_{423} R_{424} R_{425} R_{426} R_{427} R_{428} R_{429} R_{430} R_{431} R_{432} R_{433} R_{434} R_{435} R_{436} R_{437} R_{438} R_{439} R_{440} R_{441} R_{442} R_{443} R_{444} R_{445} R_{446} R_{447} R_{448} R_{449} R_{450} R_{451} R_{452} R_{453} R_{454} R_{455} R_{456} R_{457} R_{458} R_{459} R_{460} R_{461} R_{462} R_{463} R_{464} R_{465} R_{466} R_{467} R_{468} R_{469} R_{470} R_{471} R_{472} R_{473} R_{474} R_{475} R_{476} R_{477} R_{478} R_{479} R_{480} R_{481} R_{482} R_{483} R_{484} R_{485} R_{486} R_{487} R_{488} R_{489} R_{490} R_{491} R_{492} R_{493} R_{494} R_{495} R_{496} R_{497} R_{498} R_{499} R_{500} R_{501} R_{502} R_{503} R_{504} R_{505} R_{506} R_{507} R_{508} R_{509} R_{510} R_{511} R_{512} R_{513} R_{514} R_{515} R_{516} R_{517} R_{518} R_{519} R_{520} R_{521} R_{522} R_{523} R_{524} R_{525} R_{526} R_{527} R_{528} R_{529} R_{530} R_{531} R_{532} R_{533} R_{534} R_{535} R_{536} R_{537} R_{538} R_{539} R_{540} R_{541} R_{542} R_{543} R_{544} R_{545} R_{546} R_{547} R_{548} R_{549} R_{550} R_{551} R_{552} R_{553} R_{554} R_{555} R_{556} R_{557} R_{558} R_{559} R_{560} R_{561} R_{562} R_{563} R_{564} R_{565} R_{566} R_{567} R_{568} R_{569} R_{570} R_{571} R_{572} R_{573} R_{574} R_{575} R_{576} R_{577} R_{578} R_{579} R_{580} R_{581} R_{582} R_{583} R_{584} R_{585} R_{586} R_{587} R_{588} R_{589} R_{590} R_{591} R_{592} R_{593} R_{594} R_{595} R_{596} R_{597} R_{598} R_{599} R_{600} R_{601} R_{602} R_{603} R_{604} R_{605} R_{606} R_{607} R_{608} R_{609} R_{610} R_{611} R_{612} R_{613} R_{614} R_{615} R_{616} R_{617} R_{618} R_{619} R_{620} R_{621} R_{622} R_{623} R_{624} R_{625} R_{626} R_{627} R_{628} R_{629} R_{630} R_{631} R_{632} R_{633} R_{634} R_{635} R_{636} R_{637} R_{638} R_{639} R_{640} R_{641} R_{642} R_{643} R_{644} R_{645} R_{646} R_{647} R_{648} R_{649} R_{650} R_{651} R_{652} R_{653} R_{654} R_{655} R_{656} R_{657} R_{658} R_{659} R_{660} R_{661} R_{662} R_{663} R_{664} R_{665} R_{666} R_{667} R_{668} R_{669} R_{670} R_{671} R_{672} R_{673} R_{674} R_{675} R_{676} R_{677} R_{678} R_{679} R_{680} R_{681} R_{682} R_{683} R_{684} R_{685} R_{686} R_{687} R_{688} R_{689} R_{690} R_{691} R_{692} R_{693} R_{694} R_{695} R_{696} R_{697} R_{698} R_{699} R_{700} R_{701} R_{702} R_{703} R_{704} R_{705} R_{706} R_{707} R_{708} R_{709} R_{710} R_{711} R_{712} R_{713} R_{714} R_{715} R_{716} R_{717} R_{718} R_{719} R_{720} R_{721} R_{722} R_{723} R_{724} R_{725} R_{726} R_{727} R_{728} R_{729} R_{730} R_{731} R_{732} R_{733} R_{734} R_{735} R_{736} R_{737} R_{738} R_{739} R_{740} R_{741} R_{742} R_{743} R_{744} R_{745} R_{746} R_{747} R_{748} R_{749} R_{750} R_{751} R_{752} R_{753} R_{754} R_{755} R_{756} R_{757} R_{758} R_{759} R_{760} R_{761} R_{762} R_{763} R_{764} R_{765} R_{766} R_{767} R_{768} R_{769} R_{770} R_{771} R_{772} R_{773} R_{774} R_{775} R_{776} R_{777} R_{778} R_{779} R_{780} R_{781} R_{782} R_{783} R_{784} R_{785} R_{786} R_{787} R_{788} R_{789} R_{790} R_{791} R_{792} R_{793} R_{794} R_{795} R_{796} R_{797} R_{798} R_{799} R_{800} R_{801} R_{802} R_{803} R_{804} R_{805} R_{806} R_{807} R_{808} R_{809} R_{810} R_{811} R_{812} R_{813} R_{814} R_{815} R_{816} R_{817} R_{818} R_{819} R_{820} R_{821} R_{822} R_{823} R_{824} R_{825} R_{826} R_{827} R_{828} R_{829} R_{830} R_{831} R_{832} R_{833} R_{834} R_{835} R_{836} R_{837} R_{838} R_{839} R_{840} R_{841} R_{842} R_{843} R_{844} R_{845} R_{846} R_{847} R_{848} R_{849} R_{850} R_{851} R_{852} R_{853} R_{854} R_{855} R_{856} R_{857} R_{858} R_{859} R_{860} R_{861} R_{862} R_{863} R_{864} R_{865} R_{866} R_{867} R_{868} R_{869} R_{870} R_{871} R_{872} R_{873} R_{874} R_{875} R_{876} R_{877} R_{878} R_{879} R_{880} R_{881} R_{882} R_{883} R_{884} R_{885} R_{886} R_{887} R_{888} R_{889} R_{890} R_{891} R_{892} R_{893} R_{894} R_{895} R_{896} R_{897} R_{898} R_{899} R_{900} R_{901} R_{902} R_{903} R_{904} R_{905} R_{906} R_{907} R_{908} R_{909} R_{910} R_{911} R_{912} R_{913} R_{914} R_{915} R_{916} R_{917} R_{918} R_{919} R_{920} R_{921} R_{922} R_{923} R_{924} R_{925} R_{926} R_{927} R_{928} R_{929} R_{930} R_{931} R_{932} R_{933} R_{934} R_{935} R_{936} R_{937} R_{938} R_{939} R_{940} R_{941} R_{942} R_{943} R_{944} R_{945} R_{946} R_{947} R_{948} R_{949} R_{950} R_{951} R_{952} R_{953} R_{954} R_{955} R_{956} R_{957} R_{958} R_{959} R_{960} R_{961} R_{962} R_{963} R_{964} R_{965} R_{966} R_{967} R_{968} R_{969} R_{970} R_{971} R_{972} R_{973} R_{974} R_{975} R_{976} R_{977} R_{978} R_{979} R_{980} R_{981} R_{982} R_{983} R_{984} R_{985} R_{986} R_{987} R_{988} R_{989} R_{990} R_{991} R_{992} R_{993} R_{994} R_{995} R_{996} R_{997} R_{998} R_{999} R_{1000}

- 1 Algemeen scherm Veiligheidszone
- 2 We zien vijf blokken met gegevens.
 - Projectgegevens
 - Leiding- en materiaalgegevens
 - Gegevens medium
 - Grondmechanische gegevens
 - **Gegevens waterstaatswerk**
- 3 Voer de gegevens in die op dit scherm staan. We gaan uit van een stabiliteitszone van 8,45 m breed

stap voor stap

Niet verheeld waterstaatswerk



Stap 1) Vul de naam van het project in (bijv. Vernieuwen waterleiding Maasdijk in Dordrecht)

Stap 2) Vul de naam van het projectonderdeel in (bijv. Veiligheidszoneberekening waterleiding)

Stap 3) Vul de relevante gegevens in:

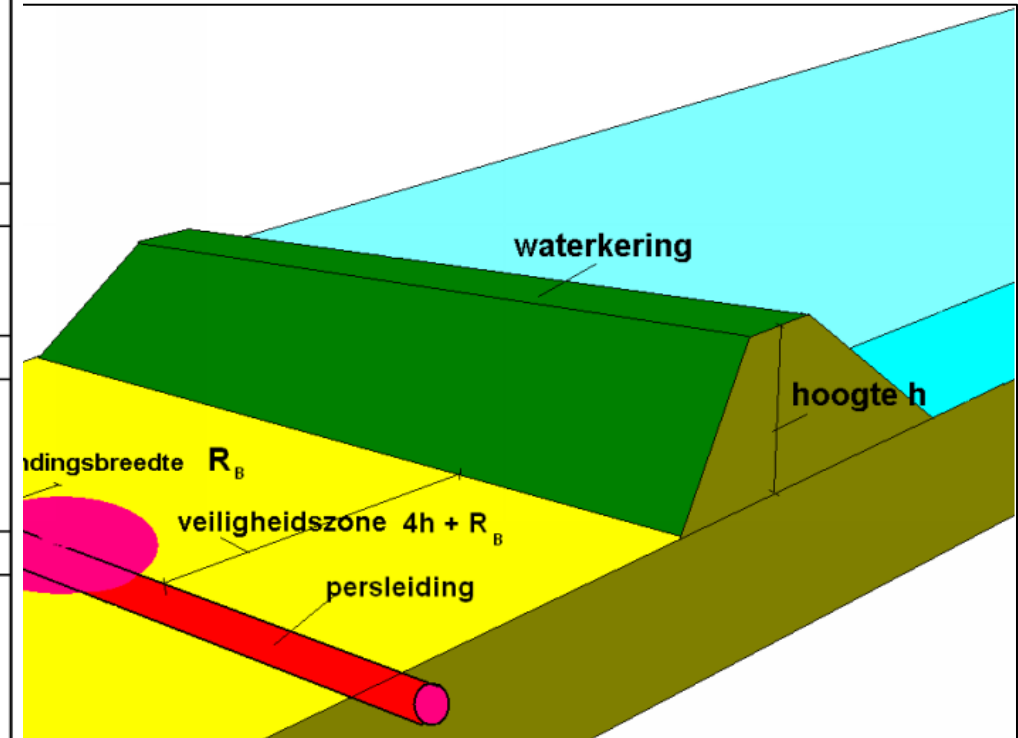
- De “Uitwendige middellijn” en de “Wanddikte” (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
- De gronddekking van de leiding
- Welk medium is van toepassing: in dit geval “Vloeistof”
- De normaal heersende druk (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
- Volumieke massa vloeistof (bij water is dit 1000 kg/m^3 , bij olie is dat vaak 800 kg/m^3)
- Vink aan of sprake is van aanvullende pomp-/lekgegevens (in dit voorbeeld “Nee”)
- Vink aan of het waterstaatswerk verheeld of niet verheeld is (in dit voorbeeld “Nee”)
- Vink aan “Aangepaste breedte stabiliteitszone”. Vul in 8,45 m

Stap 4) Klik “Berekenen”

Oefening #5: Veiligheidszone vloeistofleiding

Resultaten

Berekening van de factor $H^3 \cdot D_l^5$
$H = \frac{p_d}{\rho \cdot g}$ $H = \frac{300.000}{1.000 \cdot 9,81} = 30,58 \text{ m} \rightarrow H^3 \cdot D_l^5 = 30,58^3 \cdot 0,26^5 = 32,44 \text{ m}^8$
Berekening van de halve breedte van de erosiekrater R_B
$R_B = 8 \cdot \sqrt[8]{H^3 \cdot D_l^5}$ $R_B = 8 \cdot \sqrt[8]{30,58^3 \cdot 0,26^5} = 12,36 \text{ m}$
Berekening van de halve lengte van de erosiekrater R_L
Indien er sprake is van een klein gat: $R_{L1} = 0,5 \cdot R_B = 6,18 \text{ m}$ Indien er sprake is van een groot gat: $R_{L2} = R_B = 12,36 \text{ m}$ Indien er sprake is van niet-trekvast verbindingen: $R_{L3} = 2 \cdot R_B = 24,72 \text{ m}$
Berekening van de veiligheidszone
Indien er sprake is van een evenwijdige ligging met een waterkering: Veiligheidszone = Breedte stabiliteitszone + $R_B = 8,45 + 12,36 = 20,81 \text{ m}$ Indien er sprake is van een kruising met een waterkering: Veiligheidszone = Breedte stabiliteitszone + $R_{L1} = 8,45 + 6,18 = 14,63 \text{ m}$ Veiligheidszone = Breedte stabiliteitszone + $R_{L2} = 8,45 + 12,36 = 20,81 \text{ m}$ Veiligheidszone = Breedte stabiliteitszone + $R_{L3} = 8,45 + 24,72 = 33,17 \text{ m}$
Berekening van de diepte van de erosiekrater
$D_K = 1,2 \cdot (D_0 + H) = 1,2 \cdot (0,315 + 1) = 1,58 \text{ m}$



Indien de leiding in de veiligheidszone wordt gelegd moet deze voldoen aan de NEN 3650 / NEN 3651.

Conclusies

Indien de leiding in de veiligheidszone wordt gelegd moet deze voldoen aan de NEN 3650 / NEN 3651. Wanneer de leiding buiten de veiligheidszone is geprojecteerd hoeft deze niet aan deze normen te voldoen.

De veiligheidszone bestaat uit de krater die ontstaat bij lekkage + de stabiliteitszone.

Er is een verschil tussen vloeistofleidingen en gasleidingen. Bij gasleidingen maakt het ook nog uit of er sprake is van hoge druk of lage druk. Bij zeer lage druk in een gasleiding is geen sprake van een ontgrondingskrater.

Voor de stabiliteitszone wordt gebruik gemaakt van een vuistregel 4 x hoogteverschil kruin-maaiveld. Dit is een conservatieve vuistregel. De stabiliteitszone kan worden berekend met een computerprogramma en daarmee wordt in het algemeen een veel kleinere zone vastgesteld.

Een kleinere stabiliteitszone betekent een kleinere veiligheidszone.