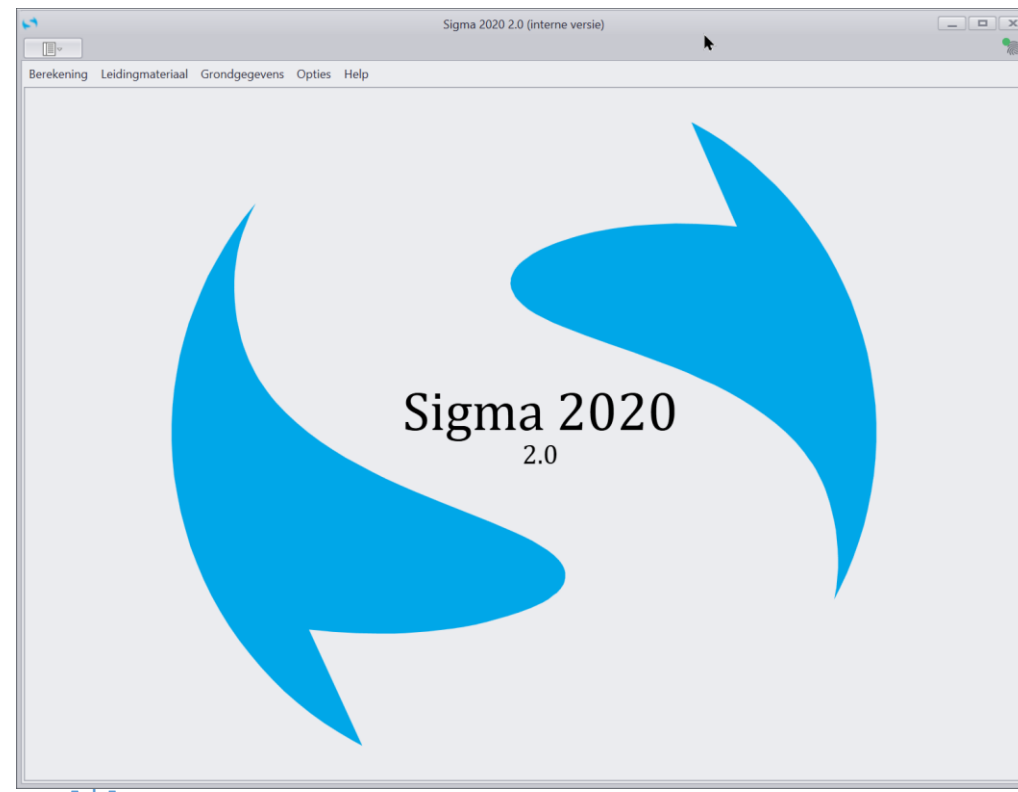


In de NEN 3650 en NEN 3651 zien we veel tabellen en grafieken. Veel van deze tabellen zijn verwerkt in het programma Sigma. Deze zijn op te roepen met gebruik van de rechtermuisknop. In de printuitvoeren wordt regelmatig naar de NEN 3650 enz. verwezen.

In deze presentatie geven wij u inzicht in deze tabellen. Ze worden per aanlegmethode getoond en/of toegelicht.

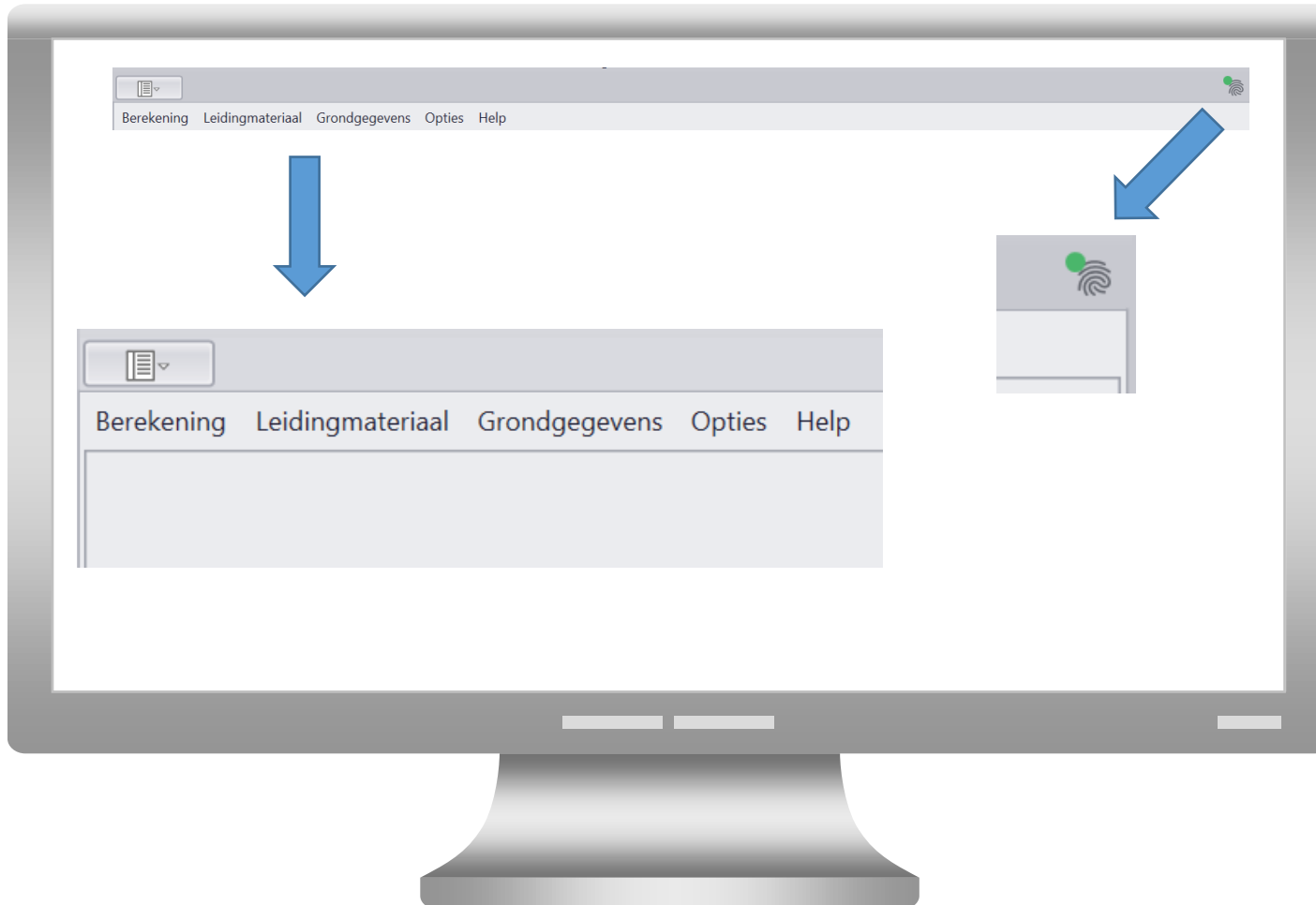




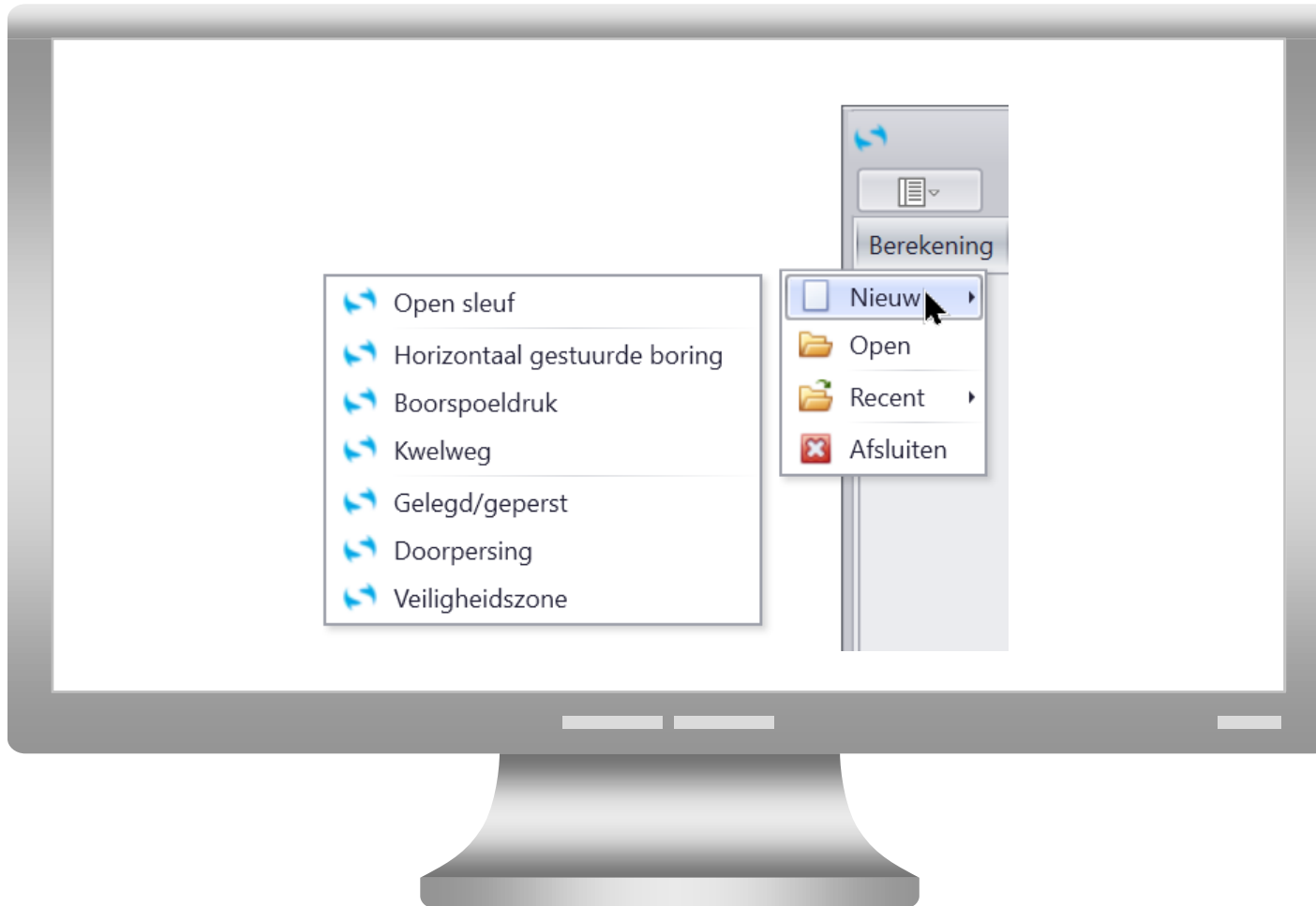
- 1 Open programma Sigma
- 2 Tijdens het openen ziet u de naam Sigma
- 3 Ook het versie nummer wordt getoond.

Het jaartal 2020 is gerelateerd aan 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 “Open sleuf”

Projectgegevens

Naam van het project:

Projectonderdeel:

Leiding- en materiaalgegevens

Materiaal: **a**

Kwaliteit:

Uitwendige middellijn [mm]:

Wanddikte [mm]:

Dikte bekleding [mm]:

Bocht in constructie: ☒ Nee ☐ Glad ☐ Mijter

Verkeersbelasting

Verkeersbelasting: **k**

Ontlastende invloed t.g.v. wegdek: ☒ Geen ontlastende invloed ☐ Tweelagen structuur ☐ Drielagen structuur

Importantiefactor **b**

☐ 1.0 ☐ 0.95 ☐ 0.90 ☒ 0.85 ☐ 0.80 ☐ 0.75

Aanleggegevens **e**

Ligging: ☐ Krusing met een waterstaatswerk ☒ Evenwijdig aan een waterstaatswerk ☐ Zinkerconstructie

Uitvoeringszakkingverschil [mm]: **f**

Zettingsverschil [mm]: **g**

Klinkpercentage [-]: **h**

Marstonfactor [-]:

Opleghoeken **i**

Horizontale steundruk: ☐ Ja ☒ Nee

Belastinghoek [°]:

Ondersteuningshoek [°]:

Medium **j**

Medium: ☒ Vloeistof ☐ Gas ☐ Drukloos

Ontwerpdruk [N/mm²]:

Volumieke massa medium [kg/m³]:

Temperatuurverschil [°C]:

Aanvullende pomp-/lekgegevens: ☐ Ja ☒ Nee

Grondmechanische gegevens **c**

Grondwater: ☒ Ja ☐ Nee

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

G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]:

Grondsoort: **d**

Volumiek gewicht droge grond [kN/m³]:

Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]:

Inwendige wrijvingshoek grond [°]:

Effectieve cohesie [kN/m²]:

Ongedraineerde schuifsterkte [kN/m²]:

E-modulus ondergrond [MN/m²]:

Minimale verticale beddingconstante [N/mm³]:

Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm³]:

Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd: ☐ Ja ☒ Nee

Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone

Waterstaatswerk: ☒ Verheeld ☐ Niet Verheeld

- a) Leiding- en materiaal
- b) Importantiefactor
- c) Grondeigenschappen
- d) Beddingsconstanten
- e) Aanleggegevens
- f) Uitvoeringszakking
- g) Zettingen
- h) Klink
- i) Belastinghoeken enz.
- j) Ontwerpdruk
- k) Verkeer

Leiding- en materiaalgegevens

Materiaal: PE

Kwaliteit: PE

Uitwendige middellijn [mm]: PP

Wanddikte [mm]: PVC

Dikte bekleding [mm]: Staal

Bocht in constructie: ☒ Nee ☐ Ja

Nodulair gietijzer

Deze materialen zijn opgenomen in de NEN 3650. Zodra op het pull down menu van materiaal geklikt wordt verschijnt extra informatie over de kwaliteit. Bij PE verschijnt de keuze PE 80 of PE 100. Bij staal verschijnt een lange lijst met mogelijke staalkwaliteiten.

Bij PVC verschijnt een pull down menu waarmee gekozen kan worden voor PVC HI (gas), PVC-U (vloeistof) of PVC-O (vloeistof). PVC-O is sinds de laatste NEN 3650 in de NEN-norm opgenomen. Bij GVK verschijnt een keuzemenu waarmee gekozen kan worden voor verschillende glasvezels en harsen. Bij Nodulair gietijzer zien we alleen NEN-EN 545 staan.

Leiding- en materiaalgegevens

Materiaal: Staal

Kwaliteit: NEN-EN ISO 3183

Uitwendige middellijn [mm]: NEN-EN ISO 3183 L320

Wanddikte [mm]: NEN-EN ISO 3183 L290

Dikte bekleding [mm]: NEN-EN ISO 3183 L360

Bocht in constructie: ☐ Nee ☐ Ja

NEN-EN ISO 3183 L415

NEN-EN ISO 3183 L450

NEN-EN ISO 3183 L485

NEN-EN 10216-2 P235GH

NEN-EN 10216-2 P265GH

NEN-EN 10216-1 P235TR1

NEN-EN 10217-3 P355NH

NEN-EN 10217-3 P355NL1

NEN-EN ISO 3183 L290 X42

NEN-EN ISO 3183 L320 X46

NEN-EN ISO 3183 L360 X52

NEN-EN ISO 3183 L390 X56

Leiding- en materiaalgegevens

Materiaal: PVC

Kwaliteit: PVC-U

Uitwendige middellijn [mm]: PVC-HI

Wanddikte [mm]: PVC-U

Dikte bekleding [mm]: PVC-O 31.5

Bocht in constructie: ☒ Nee ☐ Glad ☐ Mijter

PVC-O 35.5

PVC-O 40

PVC-O 45

PVC-O 50

Leiding- en materiaalgegevens

Materiaal: GVK

Kwaliteit: Gesneden vezel: F

Uitwendige middellijn [mm]: Gesneden vezel: Polyester

Wanddikte [mm]: Gesneden vezel: Epoxy

Dikte bekleding [mm]: Geweven vezel: Polyester

Bocht in constructie: ☒ Nee ☐ Glad ☐ Mijter

Geweven vezel: Epoxy

Leiding- en materiaalgegevens

Materiaal: Nodulair gietijzer

Kwaliteit: NEN-EN 545

Uitwendige middellijn [mm]: 200,0_

Wanddikte [mm]: 18,2_

Dikte bekleding [mm]: 0,0_

Bocht in constructie: ☒ Nee ☐ Glad ☐ Mijter

Leiding- en materiaalgegevens

Materiaal: PE

Kwaliteit: PE 100

Uitwendige middellijn [mm]: 200,0

Wanddikte [mm]: 18,2

Dikte bekleding [mm]: 0,0

Bocht in: PE, PVC, Nodulair gietijzer, Staal, Mijter

Van PE, PVC, Nodulair gietijzer en Staal hebben we de meest voorkomende diameters en wanddiktes in Sigma opgenomen. Wanneer de gebruiker met de cursor in het invoervak staan van de uitwendige middellijn kan een tabel worden opgeroepen.

Dit kan ook door op het vraagteken rechtsboven te klikken.

1. Klik op vraagteken, 2. selecteer materiaal en 3. tabel verschijnt. Klik op wanddikte die nodig is.

Leiding- en materiaalgegevens

Materiaal: PE

Kwaliteit: PE 100

Uitwendige middellijn [mm]: 200,0

Wanddikte [mm]: 18,2

Dikte bekleding [mm]: 0,0

Enkele overzichten van de diameters en wanddiktes:

Overzicht diameters en wanddikten bij PE-leidingen									
Uitwendige middellijn [mm]	Wanddikte [mm]								
	PE 80 SDR 21	PE 80 SDR 17.6	PE 80 SDR 17	PE 80 SDR 13.6	PE 80 SDR 11	PE 100 SDR 17.6	PE 100 SDR 17	PE 100 SDR 13.6	PE 100 SDR 11
25	-	2.3	2	2.4	2.3	-	-	-	2.3
32	-	2.3	2	2.4	3	-	-	2.4	3
40	-	2.3	2.4	3	3.7	-	-	3	3.7
50	-	2.9	3	3.7	4.6	-	-	3.7	4.6
63	-	3.6	3.8	4.7	5.8	3.6	3.8	4.7	5.8
75	3.6	-	4.5	5.6	6.8	4.3	4.5	5.6	6.8
90	4.3	-	5.4	6.7	8.2	5.1	5.4	6.7	8.2
110	5.3	6.3	6.6	8.1	10	6.3	6.6	8.1	10
125	6	-	7.4	9.2	11.4	7.1	7.4	9.2	11.4
140	-	-	8.3	10.3	12.7	-	8.3	10.3	12.7
160	7.7	9.1	9.5	11.8	14.6	9.1	9.5	11.8	14.6

Overzicht diameters en wanddikten bij stalen leidingen								
Uitwendige middellijn [mm]	Wanddikte [mm]							
60.3	-	-	1.6	2	2.3	2.9	4	
90	-	-	2	2.3	2.9	3.2	5.6	
114.3	-	-	2.6	2.9	3.2	3.6	6.3	
168.3	-	-	2.9	3.2	4	4.5	7.1	
219.1	-	-	3.6	4.5	6.3	8	12.5	
273	-	-	4.5	5	5.6	6.3	10	
323.9	-	-	4	4.5	5.6	7.1	10	
406.4	-	-	4	5	6.3	8.8	12.5	
508	-	-	5	5.6	6.3	8.8	11	

Overzicht diameters en wanddikten bij PE-leidingen									
Uitwendige middellijn [mm]	Wanddikte [mm]								
	PE 80 SDR 21	PE 80 SDR 17.6	PE 80 SDR 17	PE 80 SDR 13.6	PE 80 SDR 11	PE 100 SDR 17.6	PE 100 SDR 17	PE 100 SDR 13.6	PE 100 SDR 11
25	-	2.3	2	2.4	2.3	-	-	-	2.3
32	-	2.3	2	2.4	3	-	-	2.4	3
40	-	2.3	2.4	3	3.7	-	-	3	3.7
50	-	2.9	3	3.7	4.6	-	-	3.7	4.6
63	-	3.6	3.8	4.7	5.8	3.6	3.8	4.7	5.8
75	3.6	-	4.5	5.6	6.8	4.3	4.5	5.6	6.8
90	4.3	-	5.4	6.7	8.2	5.1	5.4	6.7	8.2
110	5.3	6.3	6.6	8.1	10	6.3	6.6	8.1	10
125	6	-	7.4	9.2	11.4	7.1	7.4	9.2	11.4
140	-	-	8.3	10.3	12.7	-	8.3	10.3	12.7
160	7.7	9.1	9.5	11.8	14.6	9.1	9.5	11.8	14.6
180	-	-	10.7	13.3	16.4	-	10.7	13.3	16.4
200	9.6	11.4	11.9	14.7	18.2	11.4	11.9	14.7	18.2
225	10.8	-	13.4	16.6	20.5	-	13.4	16.6	20.5
250	11.9	14.2	14.8	18.4	22.8	14.2	14.8	18.4	22.8
315	15	17.9	18.7	23.2	28.7	-	18.7	23.2	28.7
355	16.9	-	21.1	26.1	32.3	-	21.1	26.1	32.3
400	19.1	-	23.7	29.4	36.4	-	23.7	29.4	36.4
450	-	-	26.7	33.1	41	-	26.7	33.1	41
500	-	-	29.7	36.8	45.5	-	29.7	36.8	45.5
560	-	-	32.3	41.2	51	-	32.3	41.2	51
630	-	-	37.4	46.3	57.3	-	37.4	46.3	57.3
710	-	-	42.1	52.2	64.5	-	-	52.2	-
800	-	-	47.4	58.8	-	-	-	58.8	-
900	-	-	53.3	66.1	-	-	-	66.1	-
1000	-	-	59.3	-	-	-	-	-	-

Overzicht diameters en wanddikten bij stalen leidingen								
Uitwendige middellijn [mm]	Wanddikte [mm]							
60.3	-	-	1.6	2	2.3	2.9	4	
90	-	-	2	2.3	2.9	3.2	5.6	
114.3	-	-	2.6	2.9	3.2	3.6	6.3	
168.3	-	-	2.9	3.2	4	4.5	7.1	
219.1	-	-	3.6	4.5	6.3	8	12.5	
273	-	-	4.5	5	5.6	6.3	10	
323.9	-	-	4	4.5	5.6	7.1	10	
406.4	-	-	4	5	6.3	8.8	12.5	
508	-	-	5	5.6	6.3	8.8	11	
610	-	5.6	6.3	7.1	8.8	10	12.5	
711	-	6.3	7.1	8.8	10	12.5	14.2	
813	7.1	8	8.8	10	12.5	14.2	16	
914	-	8	10	12.5	14.2	16	17.5	
1016	8	10	12.5	14.2	16	17.5	20	
1220	-	10	12.5	14.2	16	17.5	20	

Leiding- en materiaalgegevens

Materiaal: PE

Kwaliteit: PE 100

Uitwendige middellijn [mm]: 200,0_

Wanddikte [mm]: 18,2_

Dikte bekleding [mm]: 0,0_

Bocht in constructie: ☒ Nee ☐ Glad ☐ Mijter

Leiding- en materiaalgegevens

Materiaal: PE

Kwaliteit: PE 100

Uitwendige middellijn [mm]: 200,0_

Wanddikte [mm]: 18,2_

Dikte bekleding [mm]: 0,0_

Bocht in constructie: ☐ Nee ☒ Glad ☐ Mijter

Wanddikte bocht [mm]: 18,2_

Bochtstraal [mm]: 700,0_

Leiding- en materiaalgegevens

Materiaal: PE

Kwaliteit: PE 100

Uitwendige middellijn [mm]: 200,0_

Wanddikte [mm]: 18,2_

Dikte bekleding [mm]: 0,0_

Bocht in constructie: ☐ Nee ☐ Glad ☒ Mijter

Wanddikte bocht [mm]: 18,2_

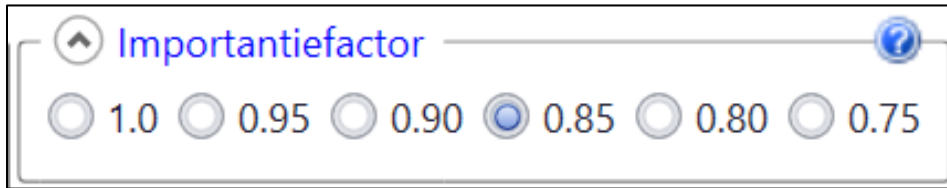
Hartafstand [mm]: 100,0_

Halve knikhoek [°]: 7,5_

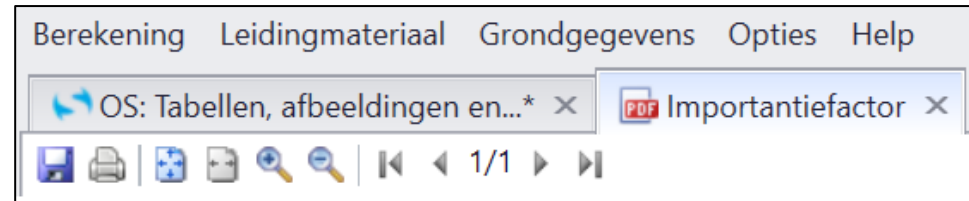
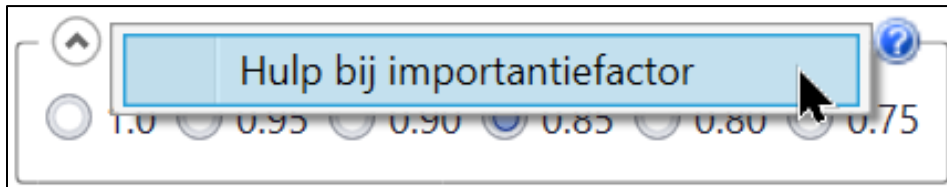
Standaard start Sigma op zonder rekening te houden met een bocht. Mocht er een bocht gebruikt gaan worden (let op, vaak is dat maatgevend voor de hoogste spanningen) dan is het van belang om aan te vinken of het een gladde bocht is, of dat er sprake is van een mijterbocht.



De wanddikte wordt automatisch overgenomen van de rechte buis. Dit kan de gebruiker zelf wijzigen.



De importantiefactor is van belang bij alle aanlegtechnieken, behalve bij de horizontaal gestuurde boormethode. Bij Open sleuf berekeningen is deze waarde in Sigma standaard 0,85. Bij “doorpersing” wordt in Sigma een factor van 1,0 aangehouden. Wanneer op het vraagteken geklikt wordt verschijnt er een tabblad in Sigma met uitleg over deze factor.



Bijlage B

(normatief)

Importantiefactor van waterkeringen

B.1 Primaire waterkeringen en boezemwaterkeringen

De importantiefactor S van primaire waterkeringen en boezemwaterkeringen kan variëren van 1 tot 0,75 op grond van de grootte van het risico van levensgevaar en materiële schade.

Tabel B.1 — Personele risicofactoren

Factor	Risico van levensgevaar voor personen
A	Geen reëel levensgevaar
B	Levensgevaar voor enkele mensen
C	Levensgevaar voor veel mensen



Tabel B.2 — Materiële risicofactoren

Factor	Schade door inundatie	Schade aan de waterkering	Hinder scheepvaart	Verstoring waterhuishouding
D	Agrarisch gebied met weinig bebouwing	Waterkeringen langs kleine wateren, bijvoorbeeld binnenboezems	Geen	Gering
E	Klein stedelijk gebied of gebied met dorpsbebouwing, weinig industrie	Grote boezem- of kanaaldijken	Geringe of matige hinder	Enige stagnatie van wateraan- en -afvoer
F	Belangrijke bebouwing, veel industrie	Bijvoorbeeld primaire waterkering als schaaldijk, kade aan grote boezem zonder boezemscheidingen	Zeer belangrijke hinder	Ernstige verstoring bijvoorbeeld in verband met drinkwatervoorziening



De toelaatbare spanning van de leiding wordt vermenigvuldigd met de importantiefactor. Deze wordt dan dus verlaagd. Dit geldt ook voor de toelaatbare deflectie (vervorming).



Tabel B.3 — Bepaling importantiefactor S

Personele risicofactor	Materiële risicofactor		
	D	E	F
C	0,75	0,75	0,75
B	0,90	0,85	0,80
A	1,00	0,95	0,85

Grondmechanische gegevens

Grondwater ☒ Ja ☐ Nee

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

G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]

Grondsoort

Volumiek gewicht droge grond [kN/m³]

Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]

Inwendige wrijvingshoek grond [°]

Effectieve cohesie [kN/m²]

Ongedraineerde schuifsterkte [kN/m²]

E-modulus ondergrond [MN/m²]

Minimale verticale beddingconstante [N/mm³]

Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm³]

Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd ☐ Ja ☒ Nee

De grondmechanische gegevens die benodigd zijn voor sterkteberekeningen kunnen worden ingevoerd naar aanleiding van uitgevoerd grondonderzoek (bijvoorbeeld sonderingen) of met behulp van standaardparameters die in de NEN 3650 zijn opgenomen. In feite bestaat dit “blok” uit drie delen.

Deel 1:

Grondsoort

Volumiek gewicht droge grond [kN/m³]

Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]

Inwendige wrijvingshoek grond [°]

Effectieve cohesie [kN/m²]

Ongedraineerde schuifsterkte [kN/m²]

E-modulus ondergrond [MN/m²]

Deel 2:

Minimale verticale beddingconstante [N/mm³]

Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm³]

Deel 3:

Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd ☐ Ja ☒ Nee

Grondsoort	Klei
Volumiek gewicht droge grond [kN/m ³]	17,0_
Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	17,0_
Inwendige wrijvingshoek grond [°]	17,5_
Effectieve cohesie [kN/m ²]	10,0_
Ongedraineerde schuifsterkte [kN/m ²]	50,0_
E-modulus ondergrond [MN/m ²]	2,0_

De grondmechanische gegevens die benodigd zijn voor sterkteberekeningen kunnen worden ingevoerd naar aanleiding van uitgevoerd grondonderzoek (bijvoorbeeld sonderingen) of met behulp van standaardparameters die in de NEN 3650 zijn opgenomen. Wanneer we kijken naar het pull down menu zien we het volgende:

Grondsoort	Klei
Volumiek gewicht droge grond [kN/m ³]	Veen
Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	Klei
Inwendige wrijvingshoek grond [°]	Zand
Effectieve cohesie [kN/m ²]	Grind
	Leem

Dit zijn de grondsoorten in we in de praktijk tegen komen. Dit worden in de Grondmechanica de “Hoofdbenamingen” genoemd.

Na aanklikken van de grondsoort moeten de vijf parameters onder dit pull down menu worden ingevoerd. Dat zijn dus zes handelingen en dat kan korter.

The screenshot shows the Sigma 2020 software interface. On the left is a list of soil types, including 'Zand (Sterk siltig, kleilig)', 'Leem (Zwak zandig, Slap 1)', 'Klei (Schoon, Slap)', etc. On the right is a form for entering soil parameters. A dropdown menu is open, showing options: 'Tabel grondgegevens', 'Sondering', and 'Vul grondgegevens in'. The 'Vul grondgegevens in' option is selected, and a cursor is pointing at it.

Sinds Sigma 2020 2.0 is het mogelijk om een sondering in te lezen. Die is niet altijd beschikbaar. Er kan ook gekozen worden voor een standaard tabel die in de NEN 3650 staat, deze tabel is verwerkt in het pull down menu.

Klik bijvoorbeeld op Zand (Sterk siltig, kleilig) en dan verschijnen de bijbehorende parameters in het programma.

The screenshot shows the Sigma 2020 software interface with the 'Grondsoort' dropdown menu set to 'Zand'. The following parameters are displayed:

Grondsoort	Zand
Volumiek gewicht droge grond [kN/m ³]	18,0_
Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	20,0_
Inwendige wrijvingshoek grond [°]	25,0_
Effectieve cohesie [kN/m ²]	0,0_
Ongedraineerde schuifsterkte [kN/m ²]	0,0_
E-modulus ondergrond [MN/m ²]	15,0_

Grondsoort Zand

Volumiek gewicht droge grond [kN/m³] 18,0

Volumiek gewicht natte grond [kN/m³] 20,0

Inwendige wrijvingshoek [°] 15,0

Effectieve cohesie [kN/m²] 0,0

Tabel grondgegevens

evens in



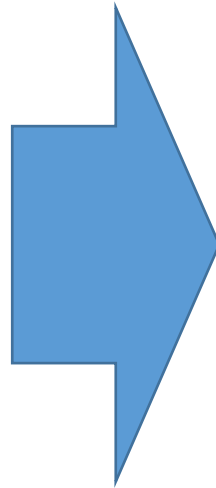
Het is ook mogelijk om de grondparameters in een tabel te selecteren. Dit werkt op zich ook goed. Klik op invoerveld van "Volumiek gewicht droge grond" en er verschijnt een tabel.

Hoofdnaam			Klei									
Bijmengsel			Schoon				Zwak zandig				Sterk zandig	
			Slap	Matig	Vast		Slap	Matig	Vast			
Volumiek gewicht droge grond	γ_d	[kN/m ³]	14	17	19	20	15	18	20	21	18	20
Volumiek gewicht natte grond	γ_n	[kN/m ³]	14	17	19	20	15	18	20	21	18	20
Inwendige wrijvingshoek grond	φ	[°]	17.5	17.5	17.5	25	22.5	22.5	22.5	27.5	27.5	32.5
Effectieve cohesie	c'	[kN/m ²]	0	5	13	15	0	5	13	15	0	1
Ongedraineerde schuifsterkte	c_u	[kN/m ²]	25	50	100	200	40	80	120	170	0	10
E-modulus ondergrond	E_{100}	[MN/m ²]	1	2	4	10	1.5	2	5	10	2	5
Samendrukkingsconstante	C'_p	[-]	7	15	25	30	10	20	30	50	25	140
Relatieve verplaatsing	δ_d	[mm]	6-10	4-6	2-4		6-10	4-6	2-4		3-6	

Overzicht grondparameters volgens NEN 3650																										
Hoofdnaam			Grind								Zand								Leem							
Bijmengsel			Zwak siltig				Sterk siltig				Schoon				Zwak siltig, kleilig		Sterk siltig, kleilig		Zwak zandig						Sterk zandig	
Consistentie			Los	Matig	Vast		Los	Matig	Vast		Los	Matig	Vast						Slap		Matig		Vast			
Volumiek gewicht droge grond	γ_d	[kN/m ³]	17	18	19	20	18	19	20	21	17	18	19	20	18	19	18	19	19	20	21	22	19	20		
Volumiek gewicht natte grond	γ_n	[kN/m ³]	19	20	21	22	20	21	22	22.5	19	20	21	22	20	21	20	21	19	20	21	22	19	20		
Inwendige wrijvingshoek grond	Φ	[°]	32.5	35	37.5	40	30	32.5	35	40	30	32.5	35	40	27	32.5	25	30	27.5	30	27.5	32.5	27.5	35	27.5	35
Effectieve cohesie	c'	[kN/m ²]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.5	3.8	0	1		
Ongedraineerde schuifsterkte	c _u	[kN/m ²]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	100	200	300	50	100		
E-modulus ondergrond	E ₁₀₀	[MN/m ²]	45	75	90	105	30	45	75	110	15	45	75	110	35	50	15	30	2	3	5	7	3	5		
Samendrukkingsconstante	C' _p	[-]	500	1000	1200	1400	400	600	1000	1500	200	600	1000	1500	450	650	200	400	25	45	70	100	45	70		
Relatieve verplaatsing	δ _d	[mm]	5-8	3-5	1-3		5-8	3-5	1-3		5-8	3-5	1-3		3-6		3-6		3-6	3-6		3-6		3-6		
Hoofdnaam			Klei															Veen								
Bijmengsel			Schoon				Zwak zandig				Sterk zandig		Organisch			Niet voorbelast				Matig voorbelast						
Consistentie			Slap	Matig	Vast		Slap	Matig	Vast				Slap	Matig		Slap				Matig						
Volumiek gewicht droge grond	γ_d	[kN/m ³]	14	17	19	20	15	18	20	21	18	20	13	15	16	10	12	12	16							
Volumiek gewicht natte grond	γ_n	[kN/m ³]	14	17	19	20	15	18	20	21	18	20	13	15	16	10	12	12	16							
Inwendige wrijvingshoek grond	Φ	[°]	17.5	17.5	17.5	25	22.5	22.5	22.5	27.5	27.5	32.5	15	15	15	15	15	15	15							
Effectieve cohesie	c'	[kN/m ²]	0	5	13	15	0	5	13	15	0	1	0	1	0	1	1	2.5	2.5	1						
Ongedraineerde schuifsterkte	c _u	[kN/m ²]	25	50	100	200	40	80	120	170	0	10	10	25	30	10	20	20	30							
E-modulus ondergrond	E ₁₀₀	[MN/m ²]	1	2	4	10	1.5	2	5	10	2	5	0.5	1	2	0.2	0.5	0.5	2							
Samendrukkingsconstante	C' _p	[-]	7	15	25	30	10	20	30	50	25	140	7.5	10	15	5	7.5	7.5	15							
Relatieve verplaatsing	δ _d	[mm]	6-10	4-6	2-4		6-10	4-6	2-4		3-6		10-15		6-10		10-15				16-10					

NEN 3650-1:2020 Tabel B.1 — Karakteristieke waarden van grondeigenschappen

Hoofd-naam	Bijmengsel	Consistentie ^b
Grind	Zwak siltig	Los Matig Vast
	Sterk siltig	Los Matig Vast
Zand	Schoon	Los Matig Vast
	Zwak siltig, kleiig	
	Sterk siltig, kleiig	
Leem ^e	Zwak zandig	Slap Matig Vast
	Sterk zandig	
Klei	Schoon	Slap Matig Vast
	Zwak zandig	Slap Matig Vast
	Sterk zandig	-
	Organisch	Slap Matig
Veen	Niet voorbelast	Slap
	Matig voorbelast	Matig



Grondsoort		
Hoofd-naam	Bijmengsel	Consistentie ^b
Grind	Zwak siltig	Los Matig Vast
	Sterk siltig	Los Matig Vast
Zand	Schoon	Los Matig Vast
	Zwak siltig, kleiig	
	Sterk siltig, kleiig	

Grondsoort		
Hoofd-naam	Bijmengsel	Consistentie ^b
Klei	Schoon	Slap Matig Vast
	Zwak zandig	Slap Matig Vast
	Sterk zandig	-
	Organisch	Slap Matig
Veen	Niet voorbelast	Slap
	Matig voorbelast	Matig

NEN 3650-1:2020 Tabel B.1 — Karakteristieke waarden van grondeigenschappen met vermelding van bijmengsels en consistentie

Het is ook mogelijk om een sondering in te lezen.
Hiervoor moet een GEF-bestand gebruikt worden.

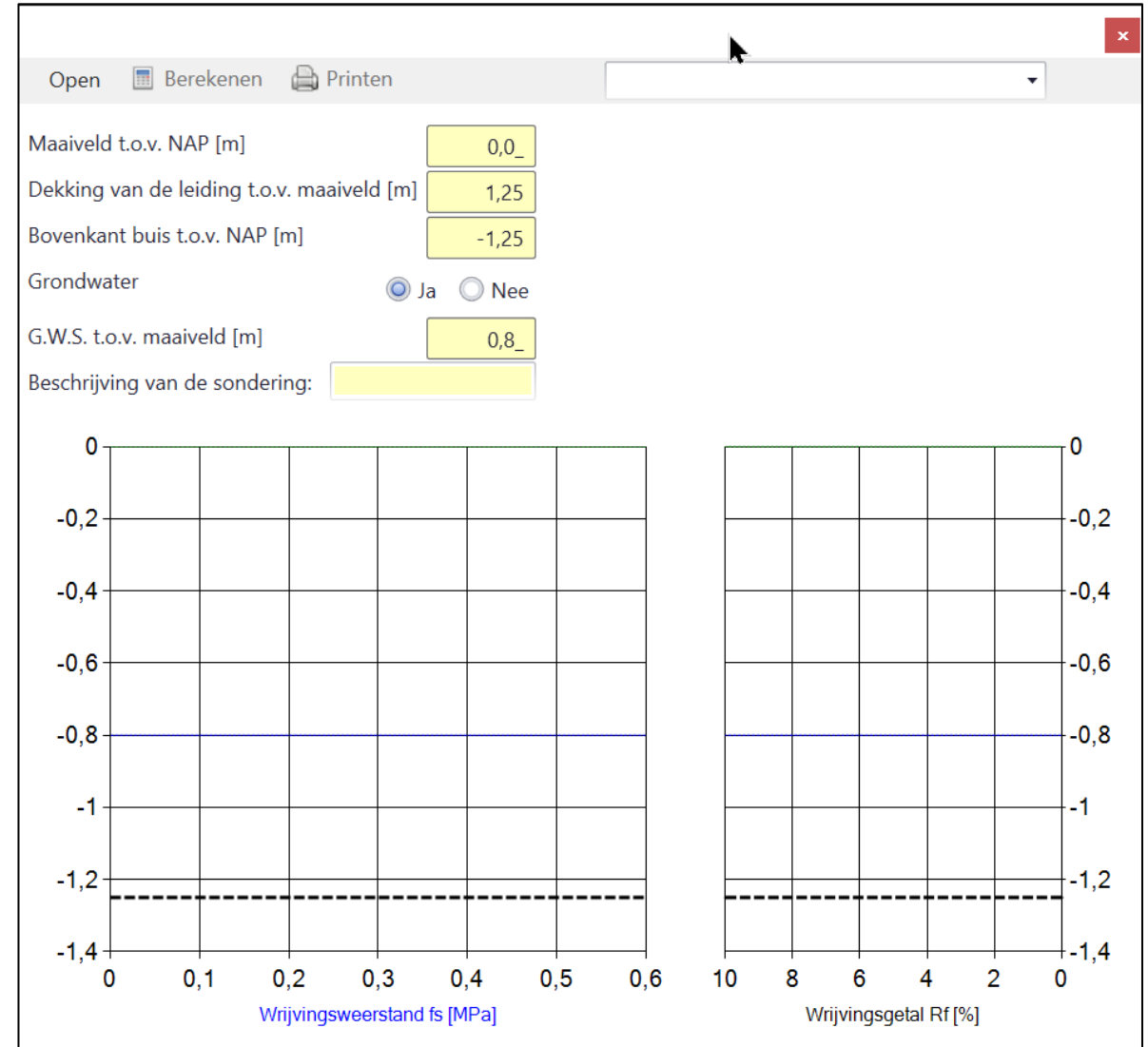
Deze zijn via het Dinoloket te krijgen of, als er in opdracht, grondonderzoek is uitgevoerd, aangeleverd worden door een geotechnisch bureau.

Klik op sondering:

Grondsoort	Zand
Volumiek gewicht droge grond $\gamma_{d,0}$ [kN/m ³]	18,0_
Volumiek gewicht nat γ_{sat} [kN/m ³]	20,0_
Inwendige wrijvingshoek ϕ [°]	25,0_
Effectieve cohesie [kN/m ²]	0,0_

-  Tabel grondgegevens
-  Sondering
-  Vul grondgegevens in

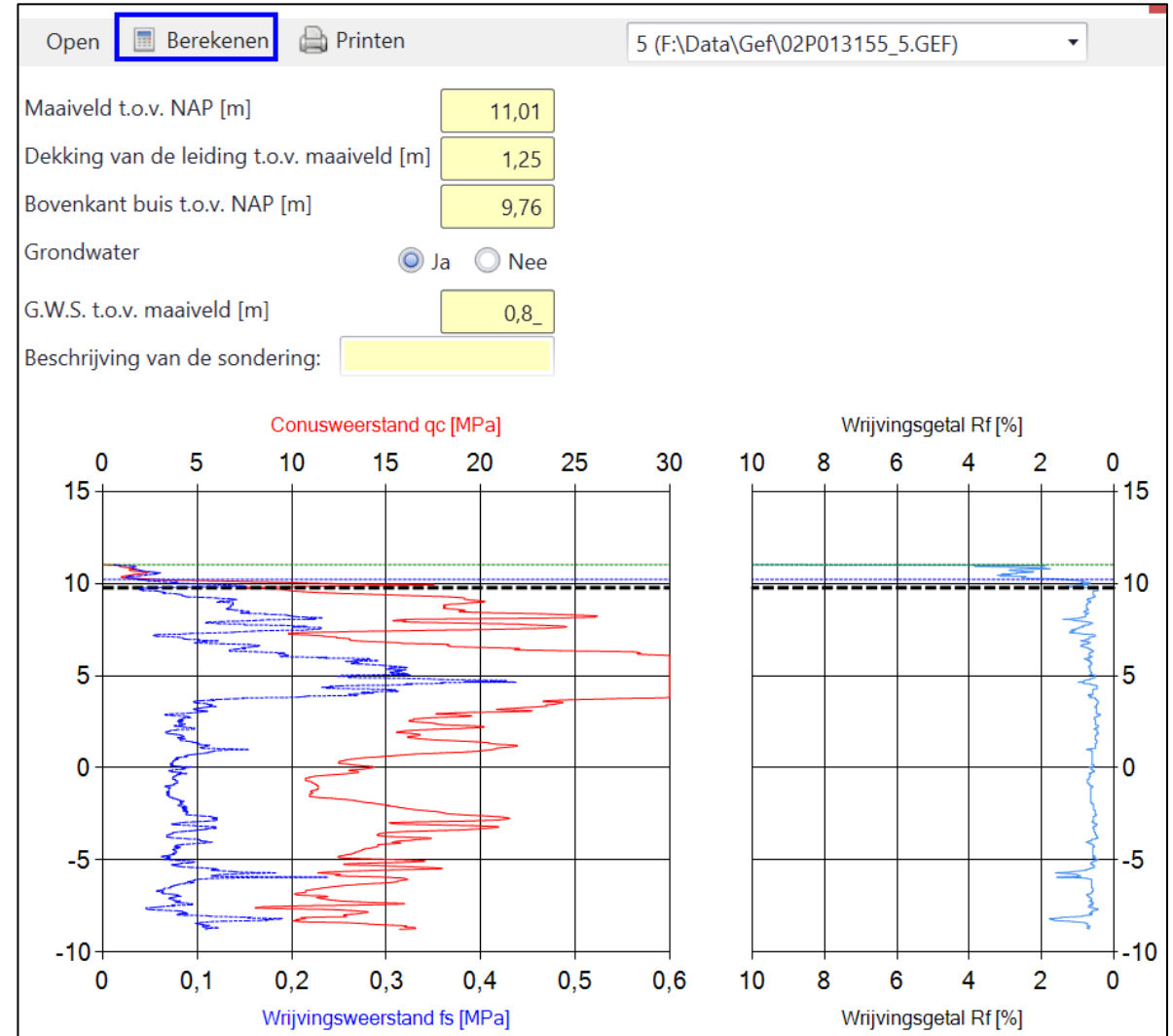
Open een sondering door linksboven te klikken.



Na het openen van de sondering zien we dat gegevens van de ingevoerde dekking en grondwaterstand in dit scherm overgenomen zijn. De gebruiker kan een beschrijving van de sondering toevoegen. Als dit klaar is moet op “Berekenen” geklikt worden.

Grondsoort	Zand
Volumiek gewicht droge grond [kN/m ³]	17,74
Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	20,48
Inwendige wrijvingshoek grond [°]	35,0_
Effectieve cohesie [kN/m ²]	0,0_
Ongedraineerde schuifsterkte [kN/m ²]	0,0_
E-modulus ondergrond [MN/m ²]	75,0_

Deze waarden zijn vastgesteld op basis van de sondering. Wij hebben hiervoor de CUR 162 methodiek gebruikt.



Het is ook noodzakelijk om de beddingsconstante in te voeren. Zowel de minimale als de gemiddelde verticale beddingsconstante zijn vereist.

Ga in een veld staan en klik met de rechtermuisknop.

We zien dat de beddingsconstante diameter én grondsoort gerelateerd is. Kies de diameter uit en klik op de waarde die vermeld staat bij de grondsoort. Zowel $k_{v,min}$ als $k_{v,gem}$ aanklikken.

Overzicht beddingsconstante volgens NEN3650

Grondsoort	Slappe klei/veen		Stijve klei		Normaal zand				Hard zand	
Beddingsconstante [N/mm³]	$k_{v,min}$	$k_{v,gem}$	$k_{v,min}$	$k_{v,gem}$	$k_{v,min}$	$k_{v,gem}$		$k_{h,IOWA}$	$k_{v,min}$	$k_{v,gem}$
Uitwendige middellijn [mm]						1 m	3 m	1 m	3 m	
100	0.007	0.011	0.016	0.024	0.04	0.045	0.11	0.028	0.0345	0.1
200	0.004	0.006	0.0085	0.013	0.022	0.025	0.058	0.02	0.0281	0.055
300	0.0025	0.004	0.006	0.009	0.016	0.018	0.04	0.016	0.0242	0.04
400	0.002	0.003	0.0045	0.007	0.012	0.015	0.032	0.014	0.0214	0.03
450	0.0018	0.0028	0.004	0.006	0.01	0.013	0.029	0.013	0.0203	0.025
600	0.0014	0.0022	0.003	0.005	0.008	0.011	0.022	0.011	0.0172	0.02
750	0.0011	0.0018	0.0025	0.004	0.006	0.009	0.018	0.01	0.0148	0.0176
900	0.001	0.0016	0.0021	0.0034	0.006	0.008	0.015	0.009	0.0134	0.0161
1200	0.0008	0.0012	0.0017	0.0027	0.004	0.007	0.012	0.007	0.0112	0.0137

Wanneer er zettingen zijn en daardoor de leiding gaat doorbuigen (de grond onder de leiding zakt en de leiding zal daarop reageren) wordt in de NEN 3650 uitgegaan van 3 situaties:

- 1) Leiding kruist een waterstaatswerk (er wordt dan uitgegaan van een standaardwaarde om de zettingslengte te berekenen)
- 2) Leiding ligt evenwijdig aan een waterstaatswerk (er wordt dan aangenomen dat deze zetting plaatsvindt over een lengte van 40 m, over 2 x 20 m)
- 3) Er is een zinker, waarbij de lengte van de gebaggerde sleuf van belang is (zettingen vinden plaats over deze lengte). Wanneer “zinker” wordt aangevinkt dan wordt om de lengte van de zinkersleuf gevraagd.

Ligging

- ☐ Kruising met een waterstaatswerk
- ☐ Evenwijdig aan een waterstaatswerk
- ☒ Zinkerconstructie

Lengte gebaggerde zinkersleuf [m]

25,0_

Aanleggegevens

Ligging

- ☐ Kruising met een waterstaatswerk
- ☒ Evenwijdig aan een waterstaatswerk
- ☐ Zinkerconstructie

Tijdens de aanleg van de leiding hebben we verschillende situaties qua grondslag. Er kan sprake zijn van slappe grond, waardoor een goede aanleg van de leiding wordt bemoeilijkt, of van heel hard zand, waardoor de leiding eigenlijk op een “biljartlaken” wordt aangelegd.

Wanneer op het vraagteken wordt geklikt zien we een aantal tabellen verschijnen.

-  Tabel Uitvoeringszakkingverschil (C.8 niet goed verdichte, droge sleuf)
-  Tabel Uitvoeringszakkingverschil (C.9 goed verdichte, droge sleuf)
-  Tabel Uitvoeringszakkingverschil (C.10 zinkersleuf, pers- en ontvangkuip)
-  Tabel zettingsverschil
-  Tabel klinkpercentage

We zien hier drie tabellen die mogelijk van toepassing kunnen zijn. Deze worden op de volgende pagina's getoond. Ze zijn te zien door deze aan te klikken in het programma of te selecteren met behulp van de rechtermuisknop. Wel in het invoerveld gaan staan met de muis.

 Aanleggegevens 

Ligging

☒ Krusing met een waterstaatswerk

☐ Evenwijdig aan een waterstaatswerk

☐ Zinkerconstructie

Uitvoeringszakkingverschil [mm]	15,0_
Zettingsverschil [mm]	25,0_
Klinkpercentage [-]	0,1_
Marstonfactor [-]	0,3_

Overzicht uitvoeringszakkingverschillen volgens NEN 3650

Tabel C8: Uitvoeringszakkingverschil voor niet goed verdichte aanvulgrond onder en naast de leiding in een droge sleuf en een continu zakkingprofiel.
(a: $b \leq 1.5 \cdot D_o$; b: $1.5 \cdot D_o < b \leq 3 \cdot D_o$; c: $b > 3 \cdot D_o$)

Uitwendige middellijn [mm]	Slappe klei/veen						Stijve klei						Normaal zand						Hard zand					
Dekking [m]	2.5			1.25			2.5			1.25			2.5			1.25			2.5			1.25		
Sleuf type	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
100	20	30	30	20	25	30	15	25	30	15	20	20	10	10	15	10	10	10	10	10	10	10	10	10
200	20	35	40	20	30	35	15	25	35	15	20	25	10	10	15	10	10	10	10	10	15	10	10	10
300	25	40	50	25	30	40	15	25	35	15	20	25	10	15	20	10	10	10	10	10	15	10	10	10
400	25	40	55	25	30	40	20	30	40	20	25	30	10	15	20	10	10	15	10	10	15	10	10	10
450	25	40	60	25	30	45	20	30	40	20	25	30	10	15	20	10	10	15	10	10	15	10	10	10
600	25	45	65	25	35	50	20	30	45	20	25	30	10	15	20	10	10	15	10	10	15	10	10	10
750	30	45	70	30	35	50	20	30	50	20	25	35	10	15	25	10	10	15	10	10	15	10	10	10
900	30	50	75	30	40	50	20	35	50	20	30	35	10	15	25	10	10	15	10	15	15	10	10	15
1200	30	50	75	30	40	55	25	35	55	25	35	40	10	15	25	10	15	15	10	15	20	10	15	15

NIET GOED VERDICT

We zien vier grondsoorten waarmee ingeschat kan worden wel uitvoeringszakingsverschil moet worden aangehouden.

We zien ook dat de dekking van de leiding belangrijk is. Ook speelt de diameter van de leiding een rol.

De breedte van de sleuf is ook van belang. Hoe breder de sleuf hoe hoger het uitvoeringszakingsverschil.

Overzicht uitvoeringszakkingverschillen volgens NEN 3650

Tabel C9: Uitvoeringszakkingverschil voor goed verdichte aanvulgrond onder en naast de leiding in een droge sleuf en een continu zakkingprofiel.
(a: $b \leq 1.5 \cdot Do$; b: $1.5 \cdot Do < b \leq 3 \cdot Do$; c: $b > 3 \cdot Do$)

Uitwendige middellijn [mm]	Slappe klei/veen						Stijve klei						Normaal zand						Hard zand					
	2.5			1.25			2.5			1.25			2.5			1.25			2.5			1.25		
Dekking [m]																								
Sleuf type	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
100	10	15	20	10	15	20	10	10	15	10	10	10	0	5	5	0	5	5	0	5	5	0	0	5
200	10	15	25	10	15	20	10	15	15	10	10	15	0	5	5	0	5	5	0	5	5	0	0	5
300	10	20	25	10	15	20	10	15	20	10	10	15	0	5	5	0	5	5	0	5	5	0	0	5
400	10	20	30	10	15	25	10	15	20	10	10	15	0	5	5	0	5	5	0	5	5	0	0	5
450	10	20	30	10	15	25	10	15	20	10	10	15	0	5	5	0	5	5	0	5	5	0	0	5
600	15	20	35	15	20	25	10	15	25	10	10	15	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
750	15	25	35	15	20	25	10	15	25	10	15	20	5	5	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5
900	15	25	40	15	20	25	10	15	25	10	15	20	5	10	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5
1200	15	25	40	15	20	30	10	20	30	10	15	20	5	10	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5

GOED VERDICT

We zien vier grondsoorten waarmee ingeschat kan worden wel uitvoeringszakkingverschil moet worden aangehouden.

We zien ook dat de dekking van de leiding belangrijk is. Ook speelt de diameter van de leiding een rol.

De breedte van de sleuf is ook van belang. Hoe breder de sleuf hoe hoger het uitvoeringszakkingverschil.

Tabel C10: Uitvoeringszakkingverschil voor een zinkersleuf en voor goed en niet goed verdichte pers- of ontvangkuip en een discontinu zakkingprofiel (gronddekking H=2.5m)												
Ligging	Zinkersleuf				Bouwkuip niet goed verdicht				Bouwkuip goed verdicht			
Uitwendige middellijn [mm]	Slappe klei/veen	Stijve klei	Normaal zand	Hard zand	Slappe klei/veen	Stijve klei	Normaal zand	Hard zand	Slappe klei/veen	Stijve klei	Normaal zand	Hard zand
100	110	85	40	40	110	85	40	40	65	50	20	15
200	120	95	45	40	120	95	45	40	70	55	25	15
300	130	100	45	40	130	100	45	40	75	55	25	15
400	135	105	50	45	135	105	50	45	80	60	25	15
450	140	105	50	45	140	105	50	45	80	60	25	15
600	150	110	50	45	150	110	50	45	85	65	25	20
750	155	110	55	45	155	110	55	45	90	65	30	20
900	160	115	55	50	160	115	55	50	95	70	30	20
1200	160	120	60	50	160	120	60	50	95	70	30	20

ZINKERSLEUF: We zien ook dat de dekking van de leiding belangrijk is. Ook speelt de diameter van de leiding een rol. De breedte van de sleuf is ook van belang. Hoe breder de sleuf hoe hoger het uitvoeringszakingsverschil.

Aanleggegevens

Ligging

☒ Kruising met een waterstaatswerk

☐ Evenwijdig aan een waterstaatswerk

☐ Zinkerconstructie

Uitvoeringszakkingverschil [mm]

Zettingsverschil [mm]

Klinkpercentage [-]

Marstonfactor [-]

Direct na aanleg hebben we het over een uitvoeringszakkingverschil. Gedurende de levensduur van de leiding is aanvullend daarop ook nog sprake van een zettingsverschil. Dit zettingsverschil is grondsoort afhankelijk. In zandgrond is geen zetting, in veenweide gebieden kunnen aanzienlijke zettingsverschillen optreden.



Overzicht zettingsverschillen volgens NEN 3650

		Grondsoort			
		Slappe klei/veen	Stijve klei	Normaal zand	Hard zand
f_z	[mm]	25	15	0	0

Aanleggegevens

Ligging

☒ Kruising met een waterstaatswerk

☐ Evenwijdig aan een waterstaatswerk

☐ Zinkerconstructie

Uitvoeringszakkingverschil [mm]

Zettingsverschil [mm]

Klinkpercentage [-]

Marstonfactor [-]

Bij aanleg van een leiding wordt een sleuf gegraven. De leiding wordt gelegd en vervolgens wordt de sleuf aangevuld. Deze aanvulling kan inklinken. De inklinkende “moten” links en rechts van de leiding kunnen dan voor een extra belasting zorgen op de leiding. Volgens de NEN 3650 moet dit inklinken ook in rekening worden gebracht. Het inklinkpercentage is afhankelijk van de grondsoort. In het algemeen mag worden uitgegaan van “Verdicht” tenzij dit technisch gezien niet mogelijk is.



Overzicht klinkpercentages volgens NEN 3650

		Grondsoort			
Sleufvulling		Slappe klei/veen	Stijve klei	Normaal zand	Hard zand
Onverdicht	μ	0.2	0.15	0.075	0.075
Verdicht	μ	0.1	0.075	0.02	0.02

⬆ Opleghoeken

Horizontale steundruk ☐ Ja ☒ Nee

Belastinghoek [°] 180 ▾

Ondersteuningshoek [°] 70 ▾

De belastingen op de leiding moeten vertaald worden naar spanningen. Om dit te kunnen doen is het nodig om zowel de belastinghoek en de ondersteuningshoek op te geven. Standaard zijn dit 180° en 70°. Wanneer de leiding drukloos is mag in het algemeen een ondersteuningshoek van 120° worden aangehouden. Bij een starre buis moet van 30° worden uitgegaan.

⬆ Opleghoeken

Horizontale steundruk ☐ Ja ☒ Nee

Belastinghoek [°] 180 ▾

Ondersteuningshoek [°] 0 ▾

30

60

70

90

120

150

180

⬆ Medium

Medium ☒ Vloeistof ☐ Gas ☐

Ontwerpdruk [N/mm²]

Volumieke massa medium [kg/m³]

Temperatuurverschil [°C]

⬆ Opleghoeken

Horizontale steundruk ☐ Ja ☒ Nee

Belastinghoek [°] 180 ▾

Ondersteuningshoek [°] 70 ▾

0

30

60

70

90

120

150

180

⬆ Medium

Medium ☒ Vloeistof ☐ Gas ☐

Ontwerpdruk [N/mm²]

Volumieke massa medium [kg/m³]

Temperatuurverschil [°C]

Aanvullende pomp-/lekgegevens ☐ Ja ☒ Nee

Medium ☒ Vloeistof ☐ Gas ☐ Drukloos

Ontwerpdruk [N/mm²]

Volumieke massa medium [kg/m³]

Temperatuurverschil [°C]

Aanvullende pomp-/lekgegevens ☐ Ja ☒ Nee

Een persleiding, een waterleiding, een gasleiding enz. transporten vloeistof of gas. Hiervoor is inwendige druk nodig. Deze inwendige druk zorgt voor spanningen in de leiding. De druk wordt ingevuld in N/mm². Veel mensen zijn gewend aan een druk in bar of een druk in MPa. Dit kan worden omgerekend door op het vraagteken te klikken (of uit het hoofd, 3 bar = 0,3 N/mm²).

Medium ☒ Vloeistof ☐ Gas ☐ Drukloos

Ontwerpdruk [bar]

Ontwerpdruk [MPa]

Volumieke massa medium [kg/m³]

Temperatuurverschil [°C]

Aanvullende pomp-/lekgegevens ☐ Ja ☒ Nee

Wanneer bij bar “8” wordt ingevuld dan verschijnt 0,8 N/mm²

Verkeersbelasting

Verkeersbelasting Grafiek I

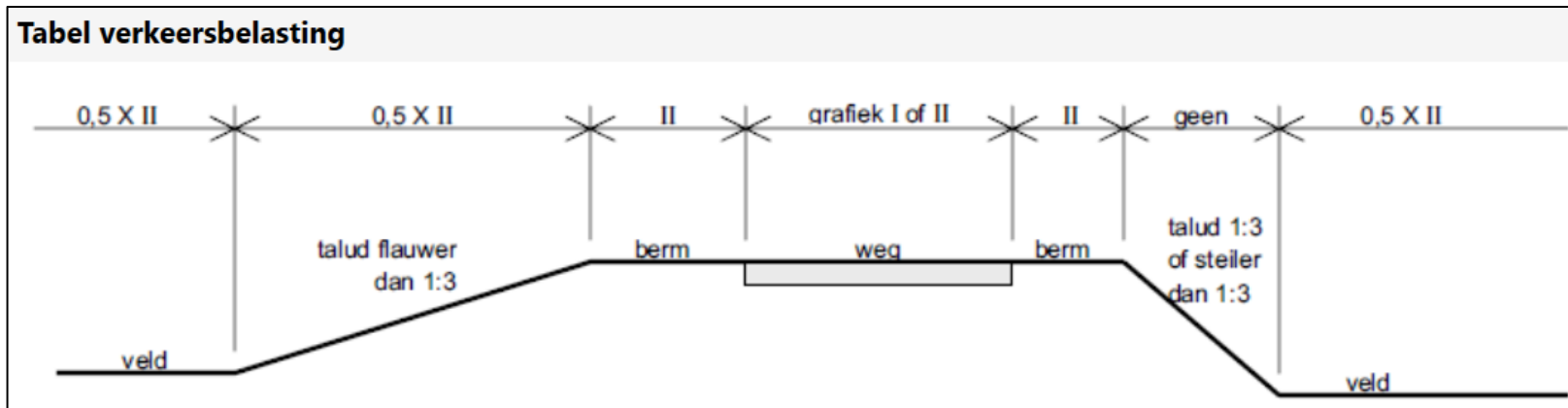
Ontlastende invloed t.g.v. wegdek

☒ Geen ontlastende invloed

☐ Tweelagen structuur

☐ Drielagen structuur

Volgens de NEN 3650 moet de invloed van verkeer op de leiding worden berekend. Er wordt onderscheid gemaakt in drie grafieken. Namelijk grafiek I, grafiek II en grafiek $\frac{1}{2} \times \text{II}$. Bij snelwegen en autowegen (de zogenaamde stroomwegen) is grafiek I van toepassing. Voor wegen in de bebouwde kom kan gerekend worden met grafiek II.



De opbouw van de weg zorgt voor minder belasting op de leiding. Volgens de NEN 3650 is sprake van twee lagen (deklaag en ondergrond) of drie lagen (deklaag, fundering en ondergrond). Om de reducerende invloed te berekenen is het nodig om de elasticiteitsmodulus op te geven.

Verkeersbelasting Grafiek I

Ontlastende invloed t.g.v. wegdek

☐ Geen ontlastende invloed

☒ Tweelagen structuur

☐ Drielagen structuur

Dikte deklaag [mm] 200

E-modulus deklaag [N/mm²] 500__

E-modulus ondergrond [N/mm²] 100__

Verkeersbelasting Grafiek I

Ontlastende invloed t.g.v. wegdek

☐ Geen ontlastende invloed

☐ Tweelagen structuur

☒ Drielagen structuur

Dikte deklaag [mm] 200

Dikte fundering [mm] 250

E-modulus deklaag [N/mm²] 500__

E-modulus fundering [N/mm²] 1500__

E-modulus ondergrond [N/mm²] 100__

☒ Tweelagen structuur

☐ Drielagen structuur

Dikte deklaag [mm] 200

E-modulus deklaag [N/mm²] 500__

E-modulus ondergrond [N/mm²] 100__

Tabel verkeersbelasting

Tabel E-moduli verkeer

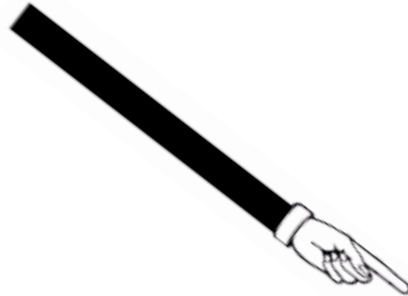
Om de reducerende invloed te berekenen is het nodig om de elasticiteitsmodulus op te geven.

☒ Tweelagen structuur
☐ Drielagen structuur

Dikte deklaag [mm]

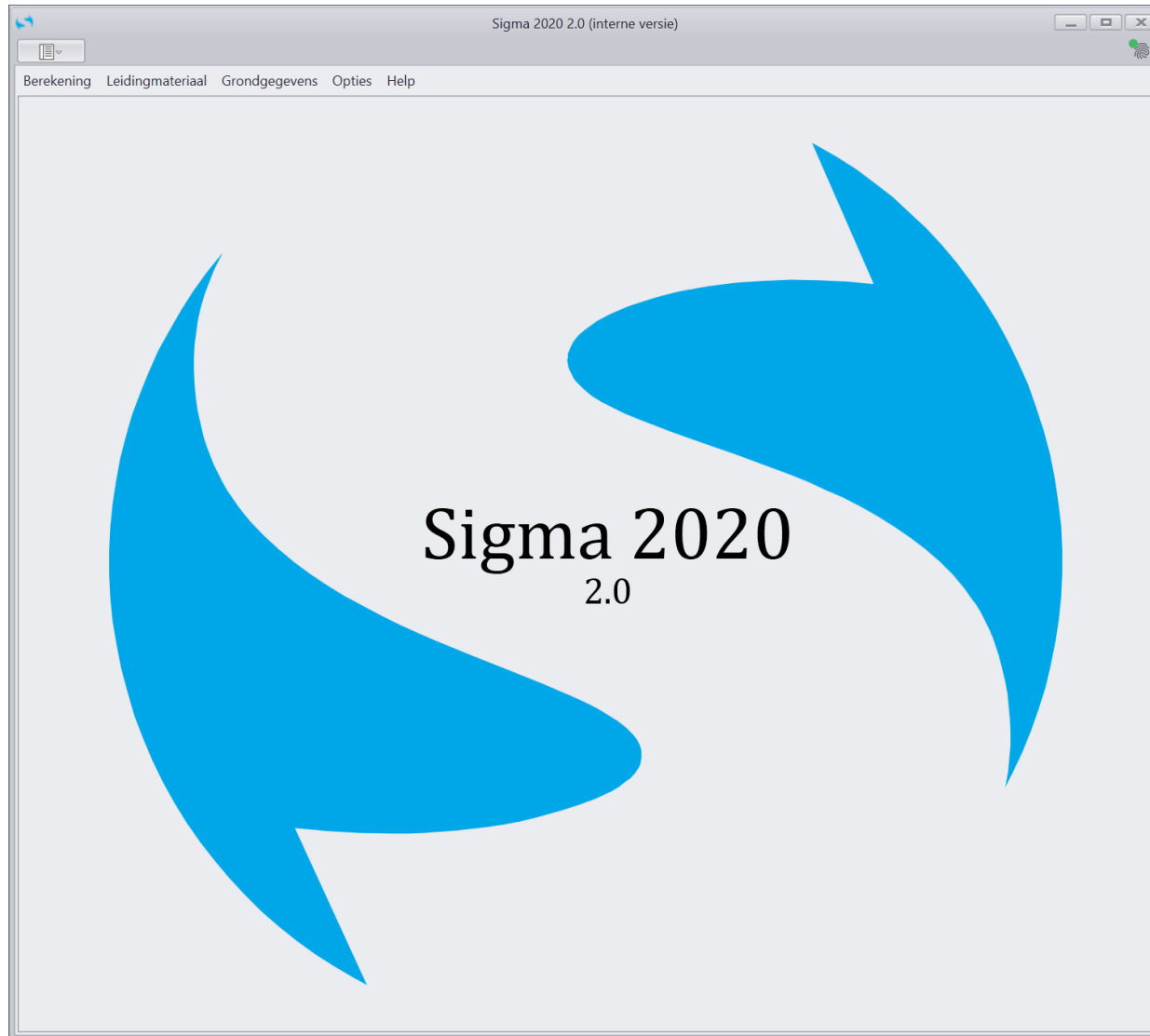
E-mod

E-mod



Overzicht e-moduli voor diverse deklagen en funderingslagen	
Materiaal	Elasticiteitsmodulus [N/mm ²]
polysyreenschuim (min.)	4
polysyreenschuim (max.)	14
ondergrond (goed verdicht zand)	100
schuimslakken	15
lava, macadam, steenslag	200
kalkstabilisatie, fundering van zacht puin	200
schuimbeton	300
asfaltlagen, klinkers, betonpuinfundering	500
schuimbeton	650
zandcement, zandasfalt	1000
schuimbeton	1200
hoogovenslakken	1500
schuimbeton	3700
schuimbeton	11500

Sigma 2020



Dit waren de tabellen en invoermogelijkheden van de Open sleuf berekening. Deze uitleg is op de website terug te vinden.

Vragen over deze presentatie?

We zijn bereikbaar via info@schrijvers.nl

Telefonisch bereikbaar via 06-20427834

Website: <https://schrijvers.nl/>

