

K-waarde toetsing haalbaarheidsonderzoek

Onderstaande berekening en toetsing van k-waarden aan eisen uit wet- en regelgeving, RDE 1991, is gemaakt om een vóór-toetsing te doen met de huidige K-waarden van de verschillende mengsels in het haalbaarheidsonderzoek.

Uitgangspunten voor de berekening:

- Maximale lekkage van minerale afdichting conform RDE 1991:
 - o 20 mm per jaar met 200 dagen neerslagoverschot,
 - o met een zuigspanning aan de onderzijde van de laag van -0,5 meter en
 - o een waterdruk aan de bovenzijde van de laag van +0,5 meter.
- Berekeningswijze K-90 percentiel waarde conform Aanbeveling CUR 33
- Protocollen Hydrostab SGS, bijlage B.2. Twee-lagenmodel

K-waarde resultaten van Hydrostab mengsels:

ETM heeft vooruitlopend op het vooronderzoek reeds verschillende mengsels beproefd. Dit heeft geresulteerd in 2 mengsels voor de onderlaag (TTG-2 en DD-11d) en 1 mengsel voor de bovenlaag (DD-11).

De k-waarde bepaling is uitgevoerd conform de Protocollen en getoetst door Ing. Buro Kügler.

De resultaten van de k-waarden van de mengsels zijn als volgt:

Mengsel	t.b.v. laag	K-waarde [m/s]
TTG-2	Onderlaag	4,61 E-8
DD-11d	Onderlaag	1,19 E-9
DD-11	Bovenlaag	1,30 E-10

De toetsingsberekening wordt uitgevoerd met een laagdikte van 0,30 meter. Dit is het minst gunstige variant in de toetsingsberekening.

Conform de genoemde berekening in bijlage B.2. wordt de toetsingstabel B.1 uit Protocollen Hydrostab project Dak van Drenthe dd 21-09-2021, dan als volgt.

Tabel B.1. Toetsingstabel voor combinaties van de k -waarde van de onderlaag bij $d_1=d_2=0,30$ m

bovengrens 90%- betrouwbaarheidsinterval k -waarde onderlaag	k -waarde bovenlaag	
	bovengrens 90 %- betrouwbaarheidsinterval	individuele meetwaarde
5,00E-08	2,18E-10	1,09E-09
1,00E-08	2,22E-10	1,11E-09
5,00E-09	2,27E-10	1,14E-09
1,00E-09	2,78E-10	1,39E-09
2,00E-09	2,44E-10	1,22E-09
5,00E-10	3,85E-10	1,92E-09

De project uitgangspunten zijn:

- Oppervlakte minerale laag: 15,6 ha
- Laagdikte: 30 cm
- Aantal k-waarde bepalingen per laag: 78
- Gemiddelde k-waarde: 4,61 E-8 m/s voor TTG-2, 1,19 E-9 m/s voor DD-11d en 1,30 E-10 m/s voor DD-11
- Std.dev. : 0,6

Voor de k-90 % bovengrensberekening worden dan de parameters in de berekeningen:

- Vrijheidsgraden: 77
- T-student ($T_{0,05-77}$): 1,665

Onderlaag k-90% waarde berekening voor mengsel TGG-2:

Bij een gemiddelde k-waarde van de onderlaag van 4,61 E-8 m/s wordt de vereiste k-90 bovengrenswaarde voor de onderlaag op: 5,98 E-8 m/s.

Daarbij behoort een maximale individuele k-waarde van 2,99 E-7 m/s.

Hydrostab mengsel TGG-2 voldoet hieraan.

Onderlaag k-90% waarde berekening voor mengsel DD-11d:

Bij een gemiddelde k-waarde van de onderlaag van 1,19 E-09 m/s wordt de vereiste k-90 bovengrenswaarde voor de onderlaag op: 1,54 E-09 m/s.

Daarbij behoort een maximale individuele k-waarde van 7,72 E-9 m/s.

Hydrostab mengsel DD-11d voldoet hieraan.

Bovenlaag k-90% waarde berekening in combinatie met onderlaag mengsel TGG-2:

Conform de berekening van bijlage B.1. uit de Protocollen Hydrostab komt de maximale k-90 bovengrenswaarde dan op: 2,18 E-10 m/s.

Met identieke uitgangspunten als gebruikt voor de onderlaag, aantal vrijheidsgraden, T-student en Std.Dev. waarde, dient de gemiddelde k-waarde van de bovenlaag maximaal zijn: 2,83 E-10 m/s. De "slechtste" individuele k-waarde moet beter zijn dan: 1,09 E-9 m/s

Hydrostab mengsel DD-11voldoen hieraan.

Bovenlaag k-90% waarde berekening in combinatie met onderlaag mengsel DD-11d

Conform de berekening van bijlage B.1. uit de Protocollen Hydrostab komt de maximale k-90 bovengrenswaarde dan op: 2,53 E-10 m/s.

Met identieke uitgangspunten als gebruikt voor de onderlaag, aantal vrijheidsgraden, T-student en Std.Dev. waarde, dient de gemiddelde k-waarde van de bovenlaag maximaal zijn: 3,28 E-10 m/s. De "slechtste" individuele k-waarde moet beter zijn dan: 1,27 E-9 m/s

Hydrostab mengsel DD-11voldoen hieraan.

Bij een laagdikte van 0,35 meter

Bij een laagdikte van 0,35 meter verloopt de berekening identiek. De maximale k-90 percentiel bovengrensiinterval waarde wordt minder strak. Hierdoor zal de marge met de gemiddelde k-waarden ruimer worden en dus kan Hydrostab voldoen aan wet- en regelgeving met 2-lagen bestaande uit mengsel TGG-2 of DD-11d (voor de onderlaag) in combinatie met mengsel DD-11 (voor de bovenlaag).

Bijlagen:

- 1) Uitwerking toetsing berekening K-waarden met onderlaag mengsel TGG-2 en bovenlaag mengsel DD-11
- 2) Uitwerking toetsing berekening K-waarden met onderlaag mengsel DD-11d en bovenlaag mengsel DD-11
- 3) Overzichtstabel Ing. Buro Kügler, projekt nr 20150, d.d. 22-02-2022
- 4) K-waarde curve mengsel TGG-2
- 5) K-waarde curve mengsel DD-11d
- 6) K-waarde curve mengsel DD-11


Bijlage 1: Uitwerking toetsing-berekening met k-waarden met onderlaag mengsel TGG-2 en bovenlaag mengsel DD-11

Rekenmodel 2-laags systeem, Conform bijlage B.2.					
Onderlaag = laag 1	dikte: d1	0,30 mtr			$v = k_1 \times i_1 = k_2 \times i_2$, zodat $k_2 = k_1 \times \frac{i_1}{i_2}$.
Bovenlaag = laag 2	dikte: d2	0,30 mtr			Dit kan worden omgezet in de volgende vergelijking:
minerale laag dikte:		0,60 mtr			$k_2 = \frac{1}{\frac{(d_1 + d_2 + 1,0)}{d_2} \frac{1}{v} - \frac{d_1}{d_2} \frac{1}{k_1}}$
zuigspanning aan de onderzijde van de laag van -0,5 meter					
waterdruk aan de bovenzijde van de laag van +0,5 meter					
SGS : Toetsingstabel voor combinaties afh. van k-90 waarde, berekend als SGS, bijlage B.2 = 2 lagen systeem. Nu met bovenstaande laagdikte					
k-90 boven-grenswaarde onderlaag			k-90 boven-grenswaarde bovenlaag		
bovengrens 90% betr.interval	ind. meetwaarde		bovengrens 90% betr.interval	ind. meetwaarde	
5,000E-08	2,500E-07		2,185E-10	1,092E-09	
1,000E-08	5,000E-08		2,223E-10	1,112E-09	
5,000E-09	2,500E-08		2,274E-10	1,137E-09	
1,000E-09	5,000E-09		2,780E-10	1,390E-09	
5,000E-10	2,500E-09		3,850E-10	1,925E-09	
Variabelen toe te passen in CUR-33					
aantal meetwaarden	78	15,6 ha, 1 k-waarde per 2.000 m2			
aantal vrijheidsgraden	77				
t-student, 0,05 - n-100	1,665				
Std.Dev. (inschatting op ervaring)	0,6				
Onderlaag			Bovenlaag		
Andersom gerekend:	TGG-2 waarde				
gem. k-waarde in veld is:	4,61E-08		1,30E-10	DD-11, k-waarde	
log k-waarde	-7,336			Voldoen aan eis	
laagdikte	0,30 mtr				
bovengrens 90% betr.interval berekening			2,83E-10	EIS voor gem. k-bovenlaag	
Gem. k-waarde veld te halen	4,61E-08				
benodigde log k-90-boven veld getallen	-7,223				
benodigde k-90 bovengrens	5,98E-08		2,18E-10	berekend via bijlage B.2.	
grens ind. meetwaarde onderlaag	2,99E-07		1,09E-09	grens ind. meetw. bovenlaag	


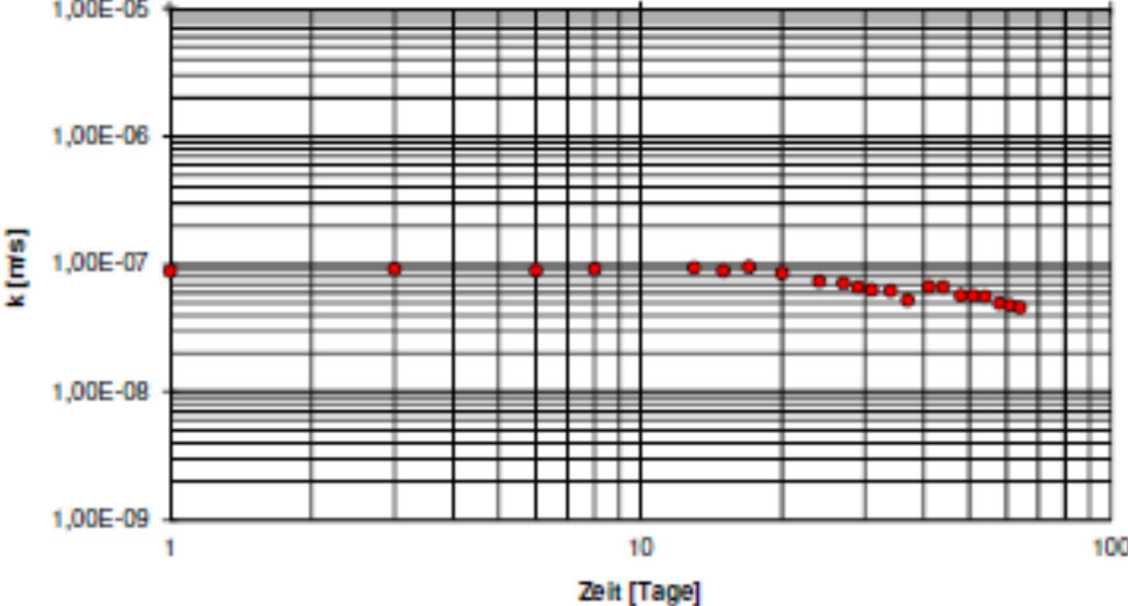
Bijlage 2: Uitwerking toetsing-berekening met k-waarden met onderlaag mengsel DD-11d en bovenlaag mengsel DD-11

Rekenmodel 2-laags systeem,				
Conform bijlage B.2.				
Onderlaag = laag 1	dikte: d1	0,30 mtr	$v = k_1 \times i_1 = k_2 \times i_2$, zodat $k_2 = k_1 \times \frac{i_1}{i_2}$.	
Bovenlaag = laag 2	dikte: d2	0,30 mtr	Dit kan worden omgezet in de volgende vergelijking:	
minerale laag dikte:		0,60 mtr	$k_2 = \frac{1}{\frac{(d_1 + d_2 + 1,0)}{d_2} \frac{1}{v} - \frac{d_1}{d_2} \frac{1}{k_1}}$	
zuigspanning aan de onderzijde van de laag van -0,5 meter				
waterdruk aan de bovenzijde van de laag van +0,5 meter				
SGS : Toetsingstabel voor combinaties afh. van k-90 waarde, berekend als SGS, bijlage B.2 = 2 lagen systeem.				
Nu met bovenstaande laagdikte				
k-90 boven-grenswaarde onderlaag			k-90 boven-grenswaarde bovenlaag	
bovengrens 90% betr.interval	ind. meetwaarde		bovengrens 90% betr.interval	ind. meetwaarde
5,000E-08	2,500E-07		2,185E-10	1,092E-09
1,000E-08	5,000E-08		2,223E-10	1,112E-09
5,000E-09	2,500E-08		2,274E-10	1,137E-09
1,000E-09	5,000E-09		2,780E-10	1,390E-09
5,000E-10	2,500E-09		3,850E-10	1,925E-09
Variabelen toe te passen in CUR-33				
aantal meetwaarden	78	15,6 ha, 1 k-waarde per 2.000 m2		
aantal vrijheidsgraden	77			
t-student, 0,05 - n-100	1,665			
Std.Dev. (inschatting op ervaring)	0,6			
Onderlaag			Bovenlaag	
Andersom gerekend:	DD-11d			
gem. k-waarde in veld is:	1,19E-09		1,30E-10	DD-11, k-waarde
log k-waarde	-8,924			Voldoen aan eis
laagdikte	0,30 mtr			
bovengrens 90% betr.interval berekening			3,28E-10	EIS voor gem. k-bovenlaag
Gem. k-waarde veld te halen	1,19E-09			
benodigde log k-90-boven veld getallen	-8,811			
benodigde k-90 bovengrens	1,54E-09		2,53E-10	berekend via bijlage B.2.
grens ind. meetwaarde onderlaag	7,72E-09		1,27E-09	grens ind. meetw. bovenlaag


Bijlage 3: Overzichtstabel Ing. Buro Kügler, projekt nr 20150, d.d. 22-02-2022

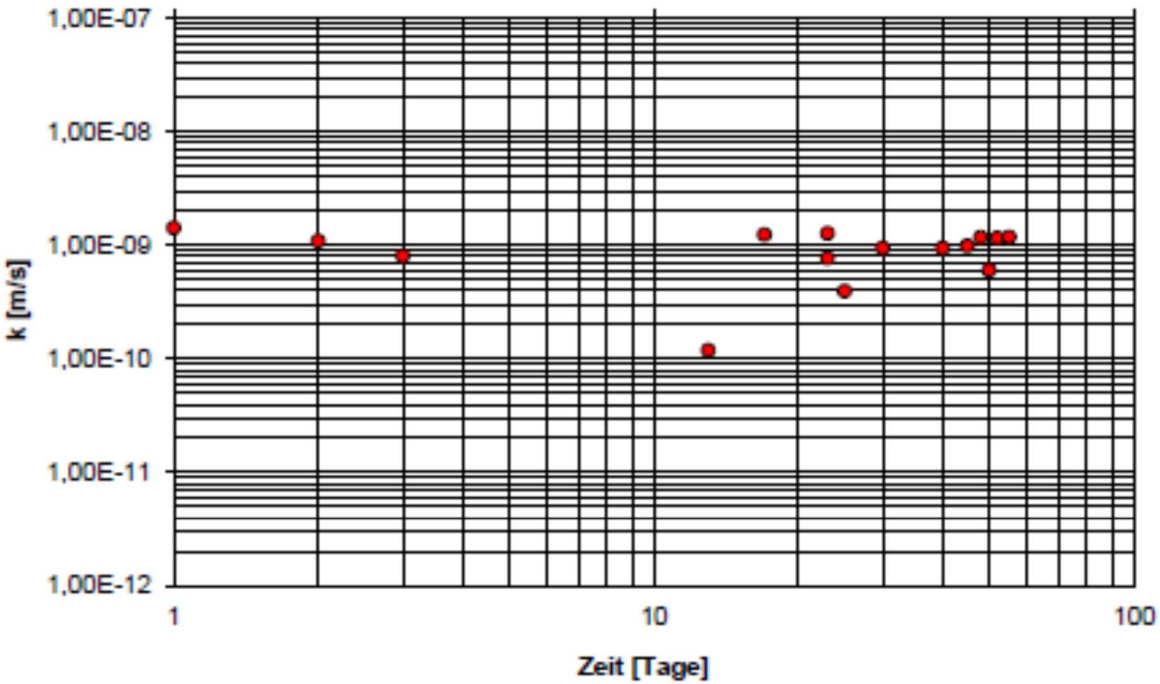
 <div>Ingenieurbüro J. U. Kügler Essen - Kettwig</div>		Zusammenstellung der Laborversuche			Datum: 22-02-22 Projekt - Nr.: 201205	
Auftraggeber: Euro Trust Management Bauvorhaben: Deponie Wijster „Dach von Drenthe“,Provinz Drenthe ,NL						
			Dichtebestimmung			k-Wert
Probe Nr.	Mischung	Penetrometer [N/mm²]24h	w [%]	ρ [t/m³]	ρ _d [t/m³]	die letzten 4 Werte [m/s]
DD - 11	30 % Klärschlamm RW2L 15 % Dolman 20 % TGG 1+2 (50%+50%) 25 % Zorteezand 10 % AVI as 1,5 % Terrostab 100	1,6	50,18	1,629	1,084	9,94E-11 1,12E-10 1,26E-10 1,16E-10
DD - 11d	30 % Digistaat Omrin 20 % Dolman 20 % TGG 1+2 (50%+50%) 20% Zorteezand 10 % AVI as 1,5 % Terrostab 100	2,2	48,91	1,608	1,079	1,19E-09
TGG 2	95 % TGG 5 % AVI as 1,5 % Terrostab 100	> 2,0	16,29	2,108	1,813	4,61E-08

Bijlage 4: K-waarde curve mengsel TGG-2

 Ingenieurbüro J. U. Klügler Essen - Kettwig		<h2 style="text-align: center;">Durchlässigkeitsversuch</h2> <h3 style="text-align: center;">DIN EN ISO 17892-11</h3>	
Auftraggeber:	Euro Trust Management bv	Projekt-Nr.:	201205
Bauvorhaben:	Dep. Wijster, Provincie Drenthe, NL	Datum:	August 21
Mischung:	95% TGG	Mischung:	TGG 2
	5% AVI - as		
	+ 1,5% Terrostab 100		
Einbauwassergehalt [%]: 16,29		Feuchtdichte [t/m^3]: 2,108	
		Trockendichte [t/m^3]: 1,813	
Bemerkungen : Hydraulisches Gefälle $i = 30$			
<h3>Durchlässigkeit-Zeit-Diagramm</h3>			
			
Durchlässigkeitsbeiwert k Endwert [m/s] : <u>4,61E-08</u>			


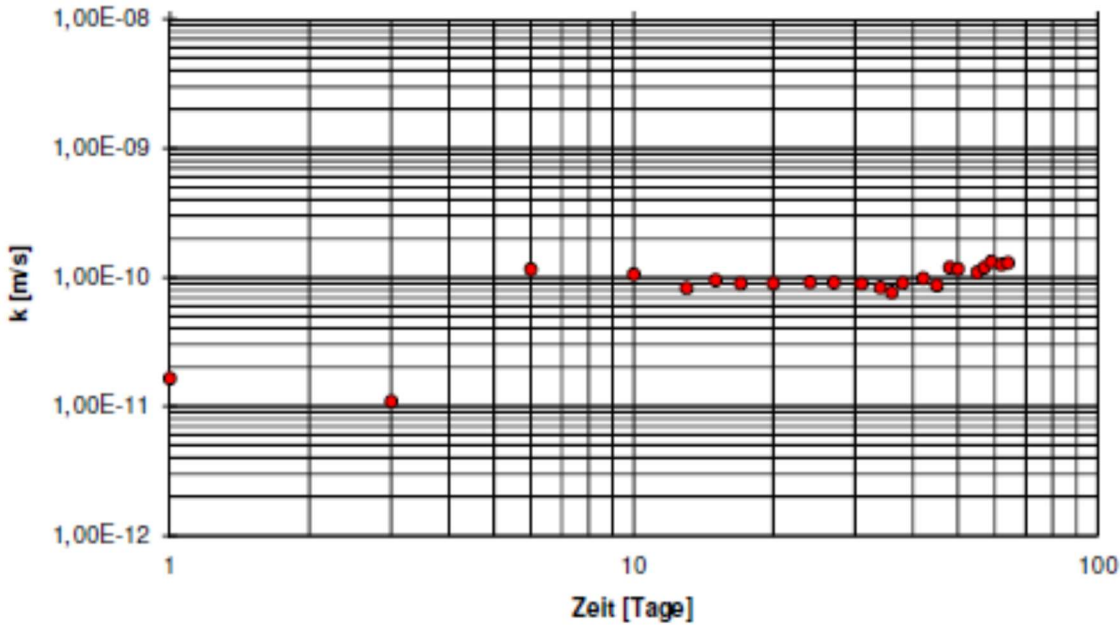
Bijlage 5: K-waarde curve mengsel DD-11d

DIN EN ISO 71802 - 11	
	
Durchlässigkeitsversuch	
Auftraggeber :	Euro Trust management b.v
Bearb.Nr.:	201205
Bauvorhaben:	Deponie Wijster" Dach von Drenthe", NL
Datum :	15.02.2022
Bodenart:	Hydrostab
Probe Nr.:	DD 11 D
Feld:	
Lage :	-
Probenhöhe [cm]:	5,0
Probendurchmesser [cm]:	9,5
Einbauwassergehalt [%]:	48,91
Feuchtdichte [t/m³]:	1,608
Penetration [N/mm²]	1,7
Trockendichte [t/m³]:	1,079

Durchlässigkeit-Zeit-Diagramm	
	

Anzahl Tage im Test	55
Durchlässigkeitsbeiwert	
k [m/s] :	<u>1,19E-09</u> Zwischenwert

Bijlage 6: K-waarde curve mengsel DD-11

 Ingenieurbüro J. U. Kügler Essen - Kettwig		<h1>Durchlässigkeitsversuch</h1> <h2>DIN 18130</h2>																																													
Auftraggeber:	Euro Trust Management bv	Projekt-Nr.:	201205																																												
Bauvorhaben:	Dep. Wijster, Provinz Drenthe, NL	Datum:	Juli 21																																												
Mischung:	30% KS RW2L 15% Dolman Slib 20% TGG 1+2 (50:50) 25% ZSZ 10% AVI - as + 1,5% Wasserglas	Mischung:	DD 11																																												
Einbauwassergehalt [%]: 50,18		Feuchtdichte [t/m³]: 1,546																																													
		Trockendichte [t/m³]: 1,029																																													
Bemerkungen : Hydraulisches Gefälle $i = 30$																																															
Durchlässigkeit-Zeit-Diagramm																																															
 <table border="1"> <caption>Approximate data points from the permeability-time diagram</caption> <thead> <tr> <th>Zeit [Tage]</th> <th>k [m/s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1,00E-11</td></tr> <tr><td>2</td><td>1,00E-11</td></tr> <tr><td>5</td><td>1,00E-10</td></tr> <tr><td>10</td><td>1,00E-10</td></tr> <tr><td>15</td><td>8,00E-11</td></tr> <tr><td>20</td><td>1,00E-10</td></tr> <tr><td>25</td><td>9,00E-11</td></tr> <tr><td>30</td><td>1,00E-10</td></tr> <tr><td>35</td><td>9,00E-11</td></tr> <tr><td>40</td><td>1,00E-10</td></tr> <tr><td>45</td><td>8,00E-11</td></tr> <tr><td>50</td><td>1,00E-10</td></tr> <tr><td>55</td><td>1,00E-10</td></tr> <tr><td>60</td><td>1,00E-10</td></tr> <tr><td>65</td><td>1,00E-10</td></tr> <tr><td>70</td><td>1,00E-10</td></tr> <tr><td>75</td><td>1,00E-10</td></tr> <tr><td>80</td><td>1,00E-10</td></tr> <tr><td>85</td><td>1,00E-10</td></tr> <tr><td>90</td><td>1,00E-10</td></tr> <tr><td>95</td><td>1,00E-10</td></tr> </tbody> </table>				Zeit [Tage]	k [m/s]	1	1,00E-11	2	1,00E-11	5	1,00E-10	10	1,00E-10	15	8,00E-11	20	1,00E-10	25	9,00E-11	30	1,00E-10	35	9,00E-11	40	1,00E-10	45	8,00E-11	50	1,00E-10	55	1,00E-10	60	1,00E-10	65	1,00E-10	70	1,00E-10	75	1,00E-10	80	1,00E-10	85	1,00E-10	90	1,00E-10	95	1,00E-10
Zeit [Tage]	k [m/s]																																														
1	1,00E-11																																														
2	1,00E-11																																														
5	1,00E-10																																														
10	1,00E-10																																														
15	8,00E-11																																														
20	1,00E-10																																														
25	9,00E-11																																														
30	1,00E-10																																														
35	9,00E-11																																														
40	1,00E-10																																														
45	8,00E-11																																														
50	1,00E-10																																														
55	1,00E-10																																														
60	1,00E-10																																														
65	1,00E-10																																														
70	1,00E-10																																														
75	1,00E-10																																														
80	1,00E-10																																														
85	1,00E-10																																														
90	1,00E-10																																														
95	1,00E-10																																														
Durchlässigkeitsbeiwert																																															
k Endwert [m/s] :		<u>1,30E-10</u>																																													