

In geval van turbulente stroming ($Re > 3500$) volgt de wrijvingsfactor uit de empirische formule van Coolebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left(\frac{\varepsilon}{3,72 \cdot D} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} \right) \quad [-] \quad (5.9)$$

Waarin:

$$\varepsilon = \text{wandruwheid} \quad [m]$$

Formule 5.9 is een impliciete formule voor de wrijvingsfactor, waarvan de juiste waarde door itereren wordt gevonden. Zonder afbreuk te doen aan de nauwkeurigheid kan het iteratieproces worden vermeden door de wrijvingsfactor te berekenen uit:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left(\frac{\varepsilon}{3,72 \cdot D} + \frac{5,74}{Re^{0,901}} \right) \quad [-] \quad (5.10)$$

De formules 5.8 en 5.9 zijn grafisch weergegeven in het diagram van Moody (afbeelding 5.1).

In het gebied van $2300 < Re < 3500$ kan de stroming, afhankelijk van de mate van verstoring, zowel laminair als turbulent zijn. De wrijvingsfactor wordt berekend door lineaire interpolatie volgens:

$$\lambda = \frac{\lambda_L \cdot 3.500 \cdot (3.500 - Re) + \lambda_T \cdot (Re - 2.300)}{3.500 - 2.300} \quad [-] \quad (5.11)$$

Waarin:

$$\lambda_L = \text{wrijvingsfactor bij laminaire stroming bij } Re = 2300 \quad [-]$$

$$\lambda_T = \text{wrijvingsfactor bij turbulente stroming bij } Re = 3500 \quad [-]$$

BIJLAGE J VOORBEELD VAN LUCHTKANAALBEREKENING

De druk- en lekverliesberekening wordt geïllustreerd and de hand van het in de afbeeldingen J.1, J.2 en J.3 gegeven voorbeeld van een kanaalsysteem. Het voorbeeld gaat uit van een verscheidenheid aan vormen, lichtsnelheden en hulpstukken, terwijl een deel van het systeem om akoestische redenen inwendig is geïsoleerd.

De berekeningen zijn gebaseerd op:

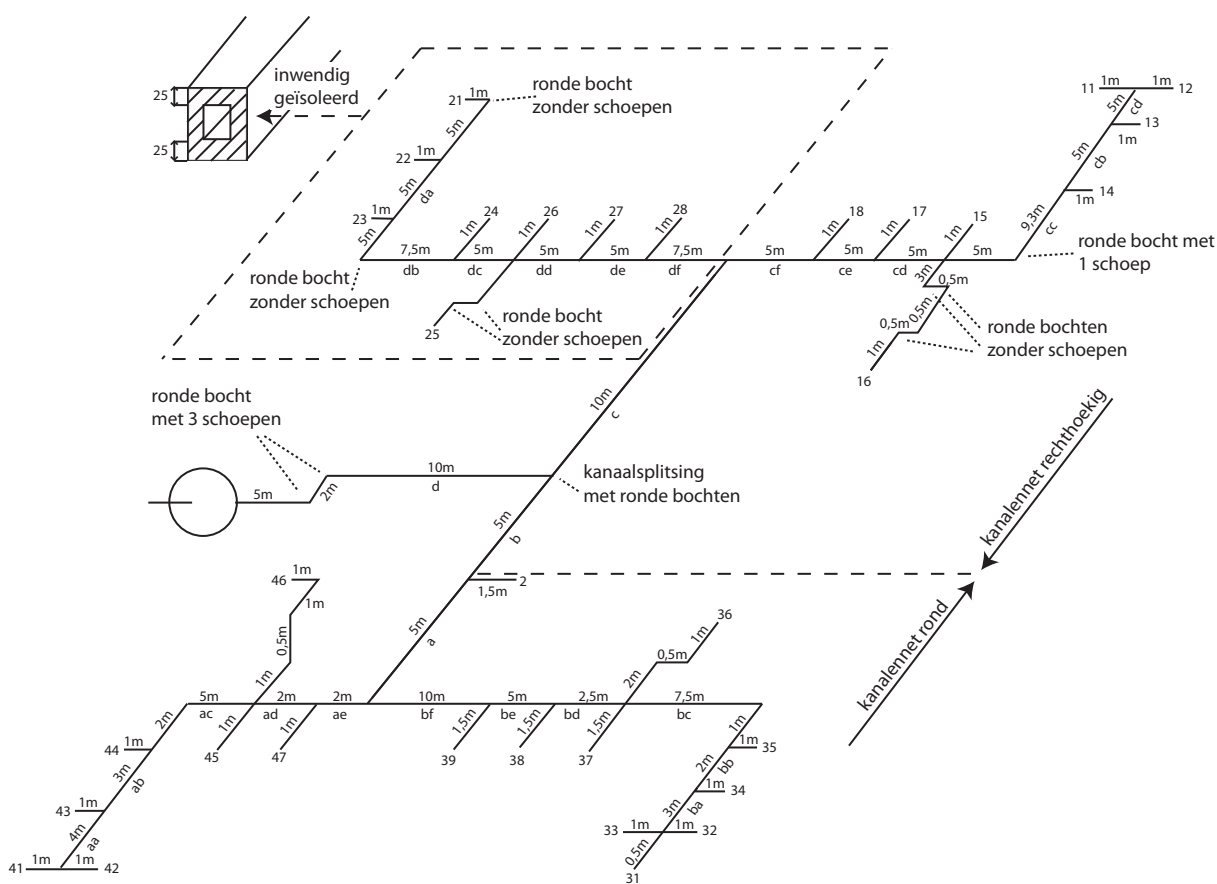
- Luchttemperatuur: 15 °C;
- Absolute vochtigheid: 0,1 gr/kg;
- Soortelijke massa lucht: 1,209 kg/m³;
- Kinematische viscositeit lucht: $14,75 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$;
- Wandruwheid ongeïsoleerd kanaal: 0,15 mm;
- Wandruwheid inwendige geïsoleerd kanaal: 0,25 mm;
- Lekverliesconstante: $9 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Pa}^{0,65}$.

De drukverliesberekening wordt uitgevoerd volgens de methode van hoofdstuk 5. De lekverliesberekening volgens bijlage F.

De berekeningsresultaten zijn voor elk van de, met letters en cijfers, gecodeerde componenten vermeld in de berekeningsbladen 1 tot en met 17, waarin tevens alle voor de berekening relevante gegevens zijn aangegeven. Voor zover bekend is rekening gehouden met interactie, terwijl op diverse plaatsen in het kanaalsysteem inregelkleppen zijn opgenomen.

De totaal benodigde ventilatordruk bedraagt 172,45 Pa bij een luchthoeveelheid van 2,22 m³/s.

Opmerking: Omwille van de eenvoud en de duidelijkheid is in het rekenvoorbeeld gerekend met lengten hart op hart. Afwijkingen in de uitkomsten zijn het gevolg van afrondingen.



Afb. J.1 Codering en lengten

Code	Omschrijving	Hoogte [m]	Breedte [m]	Diameter [m]	Lekmtrek [m]	Doorsnede [m²]	Debiet [m³/s]	Snelheid [m/s]	Lengte [m]	λ [-]	ζ [-]	Bijl. G	P _{stat} [Pa]	P _{dyn} [Pa]	ΔP [Pa]	P _{tot} [Pa]	P _{tot} [Pa]
11	Rooster	-	-	-	-	-	0,050000	1,667	-	-	-	-	10,00	1,69	-	11,69	24,14
	Kanaal	0,15	0,20	0,171	0,700	0,0300	0,050000	1,667	1,0	0,02783	-	-	-	1,69	0,27	12,45	
	Lekverlies	-	-	-	-	-	0,000028	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Inregelklep	-	-	-	-	-	0,050028	-	-	-	-	-	-	-	3,31	-	
	Verloopstuk (con)	0,25	0,15	0,188	-	0,0375	0,050028	1,334	-	-	0,006	6	-	1,08	0,01	-	
	Omgekeerd T-stuk	-	-	-	-	-	0,050028	4,002	-	-	0,909	17	-	9,75	8,86	-	
12	Rooster	-	-	-	-	-	0,100000	2,222	-	-	-	-	10,00	3,01	-	13,01	24,14
	Kanaal	0,15	0,30	0,200	0,900	0,0450	0,100000	2,222	1,0	0,02533	-	-	-	3,01	0,38	11,13	
	Lekverlies	-	-	-	-	-	0,000037	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Verloopstuk (div)	0,25	0,15	0,188	-	0,0375	0,100037	2,668	-	-	0,025	6	-	4,33	0,11	-	
	Omgekeerd T-stuk	-	-	-	-	-	0,100037	4,002	-	-	1,092	17	-	9,75	10,65	-	
ca	Begin kanaal	-	-	-	-	-	0,150065	4,002	-	-	-	-	14,39	9,75	-	24,14	30,25
	Kanaal	0,25	0,15	0,188	0,800	0,0375	0,150065	4,002	5,0	0,02336	-	-	-	9,75	6,07	6,11	
	Lekverlies	-	-	-	-	-	0,000232	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Verloopstuk (con)	0,25	0,20	0,222	-	0,0500	0,150297	3,006	-	-	0,007	-	-	5,50	0,04	-	
	Doorgaand T-stuk	-	-	-	-	-	0,150297	4,007	-	-	0,000	6,29	-	9,77	0,00	-	
13	Rooster	-	-	-	-	-	0,050000	1,667	-	-	-	-	10,00	1,69	-	11,69	30,25
	Kanaal	0,15	0,20	0,171	0,700	0,0300	0,050000	1,667	1,0	0,02783	-	-	-	1,69	0,27	18,56	
	Lekverlies	-	-	-	-	-	0,000028	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Inregelklep	-	-	-	-	-	0,050028	-	-	-	-	-	-	-	9,25	-	
	Aftakking T-stuk	-	-	-	-	-	0,050028	4,007	-	-	0,925	29	-	9,77	9,04	-	
	Begin kanaal	-	-	-	-	-	0,200325	4,007	-	-	-	-	20,48	9,77	-	30,25	
Kanaal	0,25	0,20	0,222	0,900	0,0500	0,200325	4,007	5,0	0,02241	-	-	-	9,77	4,93	15,51		
Lekverlies	-	-	-	-	-	0,000311	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Inregelklep	-	-	-	-	-	0,200636	-	-	-	-	-	-	-	8,32	-		
Verloopstuk (con)	0,25	0,30	0,273	-	0,0750	0,200636	2,675	-	-	0,011	6	-	4,36	0,05	-		
Doorgaand T-stuk	-	-	-	-	-	0,200636	6,009	-	-	0,100	29	-	21,98	2,21	-		
14	Rooster	-	-	-	-	-	0,250000	3,333	-	-	-	-	20,00	6,76	-	26,76	45,76
	Kanaal	0,25	0,30	0,273	1,100	0,0750	0,250000	3,333	1,0	0,02194	-	-	-	6,76	0,54	18,99	
	Lekverlies	-	-	-	-	-	0,000070	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Aftakking T-stuk	-	-	-	-	-	0,250070	6,009	-	-	0,839	29	-	21,98	18,45	-	
	Begin kanaal	-	-	-	-	-	0,450706	6,009	-	-	-	-	23,78	21,98	-	45,76	
Kanaal	0,25	0,30	0,273	1,100	0,0750	0,450706	6,009	15,0	0,02024	-	-	-	21,98	24,47	30,61		
Lekverlies	-	-	-	-	-	0,001554	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Bocht met 1 schoep	0,25	0,30	0,273	-	0,0750	0,452260	6,030	-	-	0,275	22	-	22,13	6,09	-		
Verloopstuk (con)	0,25	0,40	0,308	-	0,1000	0,452260	4,523	-	-	0,005	6	-	12,45	0,06	-		
Doorgaand kruisstuk	-	-	-	-	-	0,452260	6,025	-	-	0,000	20	-	22,10	0,00	-		
Opmerking: $R/a = 1,866$, $\zeta_o = 0,162$, $C_{Re} = 1,474$, $\lambda/\lambda_o = 1,152$, $\zeta = 0,275$																	
15	Rooster	-	-	-	-	-	0,050000	1,667	-	-	-	-	10,00	1,69	-	11,69	76,37
	Kanaal	0,15	0,20	0,171	0,700	0,0300	0,050000	1,667	1,0	0,02783	-	-	-	1,69	0,27	64,68	
	Lekverlies	-	-	-	-	-	0,000028	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Inregelklep	-	-	-	-	-	0,050028	-	-	-	-	-	-	-	42,18	-	
	Verloopstuk (con)	0,25	0,40	0,308	-	0,1000	0,050028	0,500	-	-	0,122	6	-	0,15	0,02	-	
	Aftakking kruisstuk	-	-	-	-	-	0,050028	6,025	-	-	1,005	20	-	22,10	22,21	-	
16	Rooster	-	-	-	-	-	0,100000	2,222	-	-	-	-	15,00	3,01	-	18,01	76,37
	Kanaal	0,15	0,30	0,200	0,900	0,0450	0,100000	2,222	5,0	0,02533	-	-	-	3,01	1,90	58,37	
	Lekverlies	-	-	-	-	-	0,000245	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4 Bochten	0,15	0,30	0,200	-	0,0450	0,100245	2,228	-	-	1,838	21	-	3,02	5,55	-	
	Inregelklep	-	-	-	-	-	0,100245	-	-	-	-	-	-	-	28,16	-	
	Verloopstuk (con)	0,25	0,40	0,308	-	0,1000	0,100245	1,002	-	-	0,040	6	-	0,61	0,02	-	
	Aftakking kruisstuk	-	-	-	-	-	0,100245	6,025	-	-	1,028	20	-	22,10	22,72	-	
	Opmerking: $R/a = 1,000$, $\zeta_o = 0,264$, $C_{Re} = 1,689$, $\lambda/\lambda_o = 1,082$, $L/D = 0,500$, $C_B = 0,953$, $\zeta = 2 \times (0,953 \times 2 \times 0,264 \times 1,689 \times 1,082) = 1,838$																
cd	Begin kanaal	-	-	-	-	-	0,602534	6,025	-	-	-	-	54,27	22,10	-	76,37	83,50
	Kanaal	0,25	0,40	0,308	1,300	0,1000	0,602534	6,025	5,0	0,01967	-	-	-	22,10	7,07	7,13	
	Lekverlies	-	-	-	-	-	0,000818	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Verloopstuk (con)	0,25	0,50	0,333	-	0,1250	0,603351	4,827	-	-	0,004	6	-	14,18	0,06	-	
	Doorgaand T-stuk	-	-	-	-	-	0,603351	5,387	-	-	0,000	29	-	17,67	0,00	-	