

A comprehensive list of pipe coefficients of friction for the Hazen-Williams and Manning formulae derived from the Darcy-Weisbach formula and Colebrook-White transition law for roughness values (k)

M D Radford

Department of Agricultural Engineering, University of Fort Hare, Private Bag X1314, Alice, Ciskei

Abstract

Head losses obtained with the Darcy-Weisbach, Hazen-Williams and Manning formulae for a specific type of pipe vary considerably when published coefficients are used. As the Darcy-Weisbach with the Colebrook-White transition law are considered the best formulae available for determining hydraulic head losses in pipes, coefficients of friction for Hazen-Williams and Manning have been calculated for roughness values which are recommended to be used in the Colebrook-White equation.

The conditions under which it is preferable to use Hazen-Williams rather than Manning and *vice versa* are discussed.

Introduction

The Hazen-Williams and Manning formulae are two of the most common formulae used for calculating the hydraulic velocity or loss of head in pipes.

Coefficients of friction for the Hazen-Williams formula are normally available for different types of pipes and for selected diameters, while coefficients for the Manning formula are normally only available for different types of pipes.

The coefficients for either of the formulae are not constants for a specific type of pipe but are a function of the diameter, roughness of the inner wall of the pipe, the flow velocity and the kinematic viscosity of water (Radford, 1989).

The Colebrook-White transition law corrects the friction factor for pipe diameter, roughness of the inner pipe wall, flow velocity and viscosity and when used in combination with the Darcy-Weisbach formula the two formulae are considered by many authorities as the best formulae available for determining the head loss for turbulent flow in commercial pipes (Ackers, 1963).

The use of Hazen-Williams and Manning should be discouraged, but empirical formulae are quoted in the text books and many working in the field of hydraulic engineering still prefer them. The empirical formulae are nevertheless more convenient when using a small calculator and for the design of simple pipelines.

Colebrook-White transition law:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2.3 \log \left[\frac{k}{3.7D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right] \quad (\text{Webber, 1971})$$

Darcy-Weisbach formula:

$$h_f = \frac{f.L.V^2}{2.g.D} \quad (\text{Webber, 1971})$$

When head losses were compared using published values for the coefficients of friction for Hazen-Williams and Manning and the friction factor in Darcy-Weisbach for comparable pipe conditions, differences of 20% were common, but in several cases differences

of up to 80% were found (Radford, 1989).

If Colebrook-White and Darcy-Weisbach give the best results the Hazen-Williams and Manning formulae should give similar results. This can be achieved by generating coefficients of friction for Hazen-Williams and Manning from Colebrook-White and Darcy-Weisbach for selected roughness values, i.e. k values.

Derivation of coefficients of friction

The temperature of water in pipes would vary on a seasonal basis but could vary on a daily or even an hourly basis in pipes exposed to the atmosphere or sun. As the temperature of the water is in practice not constant it is necessary to choose a viscosity at an appropriate water temperature in every calculation. A viscosity value of $1.14 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ at 15°C seems to be an acceptable value (Radford, 1989).

By substituting the appropriate values in the Colebrook-White equation the friction factor f can be found and by in turn substituting this value in the equations below for C_h and n , coefficients of friction for the Hazen-Williams and Manning formulae can be found which will give the same loss of head as the Darcy-Weisbach formula.

Hazen-Williams:

$$V = 0.354.C_h.D^{0.63}.s^{0.54} \quad (\text{Webber, 1971})$$

$$h_f = \frac{7.18.L}{D^{1.167}} \left[\frac{V}{C_h} \right]^{1.852}$$

$$C_h = C_h = 14.065 / (f^{0.54}.V^{0.08}.D^{0.09})$$

Manning:

$$V = \frac{R^{2/3} \cdot \sqrt{s}}{n} \quad (\text{Webber, 1971})$$

$$h_f = \left[\frac{V.n}{R^{2/3}} \right]^2.L$$

$$n = 0.089464 \cdot \sqrt{f}.D^{1/6}$$

Received 12 October 1989; accepted in revised form 11 May 1990.

Tables 1 and 2 have been generated by determining f from Colebrook-White for selected values of k and substituting the value for f in the formulae above for C_h and n .

Discussion

The discussion below refers to the tables in **Appendix A**.

For the purpose of selecting the best formula for specific conditions the differences of adjacent values in Tables 1 and 2 were compared in three ways.

Tables 3 and 4 give the percentage difference for velocities between 0,5 and 0,75 m/s and 3 and 6 m/s and the percentage difference between the maximum value and minimum value in a column for each k value. For values of $k \leq 0,15$ mm, C_h is less sensitive to a change in velocity than n but for $k \geq 0,15$ mm, n is less sensitive to a change in velocity. As the formulae are frequently used to calculate the velocity, Hazen-Williams should preferably be used when $k < 0,15$ mm and Manning when $k > 0,15$ mm. When $k = 0,15$ mm either Hazen-Williams or Manning could be used.

Tables 5 and 6 give the percentage differences between k values at a velocity of 1 m/s. Similar tables were compiled for other velocities but the differences remained very much the same. Although the k value in Tables 1 and 2 is approximately double the preceding value, the percentage difference in the coefficients is about 2% between values of 0,015 and 0,03 mm, while for k values between 1,5 and 3 mm the difference is approximately 20%. The reason is that in the Colebrook-White equation, when k is small it has a smaller effect on f than the Reynolds number, but when k is large it has a much greater effect than the Reynolds number. For pipes of 32 mm and larger the Manning n is again less sensitive to a change in the k value when $k \geq 0,15$ mm.

Tables 7 and 8 give the percentage difference between consecutive nominal pipe diameters. As the differences between the coefficients are small, it would normally not be necessary to interpolate between values to obtain a coefficient for the true internal pipe diameter except when the internal diameter of the pipe is very much smaller than the nominal diameter as is the case in heavier class plastic piping, in which case it would be necessary to use a nominal diameter closest to the actual internal diameter. For example, the internal diameter of a 315 mm class 16 uPVC pipe is 264 mm and the coefficient of friction for a 250 mm pipe should be used. The internal diameter of a 50 mm Type II class 16 polyethylene pipe is 31,2 mm in which case the coefficient of friction for a 32 mm pipe should be used.

It has also been found that if the velocity is unknown, it is best to choose C_h or n for a velocity of 1,5 m/s, calculate V or Q , revise C_h

or n and re-calculate. The circumstances in which it is unnecessary to re-calculate are given in **Appendix B**.

Conclusion

A comprehensive set of coefficients of friction for the Hazen-Williams and Manning formulae are provided for roughness values k from 0,015 to 6 mm, nominal pipe diameters from 15 mm to 500 mm and velocities from 0,5 m/s to 6 m/s.

The Hazen-Williams formula should preferably be used for $k < 0,15$ mm and the Manning formula when $k > 0,15$ mm. For $k = 0,15$ mm either the Hazen-Williams or Manning formula may be used.

The added advantage of these tables is that as more accurate roughness values k become available for different types of pipes, the appropriate coefficient for either Hazen-Williams or Manning can be found.

In **Appendix B** work sheets are provided with k values for the pipes most commonly used in the engineering field with formulae and the coefficients of friction which should preferably be used in specific circumstances.

Symbols

C_h	Hazen-Williams coefficient of friction	$m^{0,37}/s$
D	Diameter	m
f	Darcy-Weisbach friction factor	
g	Gravitational acceleration	9,8 m/s ²
h_f	Friction head loss	m
k	Roughness value	mm
L	Length	m
n	Manning coefficient of friction	$s/m^{1/3}$
R	Hydraulic mean depth	m
Re	Reynolds number ($V.D/\nu$)	
s	Slope (h_f/L)	
V	Velocity	m/s
ν	Kinematic viscosity	m^2/s

References

- ACKERS, P (1963) Charts for the hydraulic design of channels and pipes. 2nd ed. Hydraulic Research Paper No 2, Department of Scientific and Industrial Research, H.M.S.O., London.
- RADFORD, MD (1989) Derived coefficients of friction for Hazen-Williams and Manning. *Agricultural Engineering in South Africa*. 21(1) 80-88.
- WEBBER, NB (1971) *Fluid Mechanics for Civil Engineers*. Chapman and Hall, London.

APPENDIX A

TABLE 1
HAZEN-WILLIAMS C_h ($m^{0,37}/s$) DERIVED FROM THE DARCY-WEISBACH FORMULA USING THE COLEBROOK-WHITE TRANSITION LAW

k (mm) = 0,015															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5 m/s	131,1	133,4	135,2	137,0	139,9	141,3	142,3	143,8	144,9	145,7	146,9	147,7	148,3	149,2	149,7
V=0,75 m/s	133,8	136,0	137,6	139,3	142,0	143,2	144,1	145,5	146,4	147,2	148,2	148,9	149,4	150,2	150,7
V=1,0 m/s	135,4	137,5	139,0	140,6	143,1	144,3	145,1	146,4	147,3	147,9	148,9	149,5	150,0	150,6	151,1
V=1,5 m/s	137,1	139,1	140,5	142,0	144,3	145,4	146,1	147,3	148,0	148,6	149,4	150,0	150,4	150,9	151,3
V=2,0 m/s	137,9	139,8	141,1	142,5	144,7	145,8	146,5	147,5	148,2	148,8	149,5	150,0	150,4	150,8	151,1
V=3,0 m/s	138,4	140,2	141,4	142,7	144,8	145,8	146,4	147,4	148,0	148,5	149,2	149,6	149,9	150,3	150,5
V=6,0 m/s	137,5	139,1	140,3	141,5	143,3	144,2	144,8	145,6	146,2	146,6	147,2	147,5	147,8	148,1	148,2
k (mm) = 0,03															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5 m/s	128,8	131,3	133,1	135,0	138,1	139,5	140,6	142,2	143,3	144,1	145,4	146,3	146,9	147,9	148,5
V=0,75 m/s	130,8	133,1	134,9	136,6	139,5	140,9	141,8	143,3	144,3	145,1	146,2	147,0	147,6	148,4	149,0
V=1,0 m/s	131,8	134,1	135,7	137,4	140,2	141,5	142,4	143,7	144,7	145,4	146,5	147,2	147,8	148,5	149,0
V=1,5 m/s	132,5	134,7	136,2	137,9	140,5	141,7	142,5	143,8	144,7	145,4	146,3	147,0	147,5	148,1	148,6
V=2,0 m/s	132,5	134,6	136,2	137,7	140,2	141,4	142,2	143,5	144,3	145,0	145,9	146,5	146,9	147,5	147,9
V=3,0 m/s	131,9	133,9	135,4	136,9	139,3	140,4	141,2	142,4	143,2	143,8	144,6	145,2	145,6	146,1	146,5
V=6,0 m/s	129,1	131,1	132,4	133,9	136,1	137,2	137,9	139,0	139,7	140,3	141,1	141,6	142,0	142,5	142,8
k (mm) = 0,06															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5 m/s	124,7	127,4	129,3	131,4	134,8	136,3	137,5	139,2	140,4	141,4	142,7	143,7	144,4	145,5	146,2
V=0,75 m/s	125,7	128,3	130,1	132,1	135,3	136,8	137,9	139,5	140,7	141,5	142,8	143,7	144,4	145,3	146,0
V=1,0 m/s	125,8	128,4	130,2	132,1	135,2	136,7	137,7	139,3	140,4	141,2	142,5	143,3	144,0	144,8	145,5
V=1,5 m/s	125,4	127,8	129,6	131,4	134,5	135,9	136,8	138,3	139,4	140,2	141,4	142,2	142,8	143,6	144,2
V=2,0 m/s	124,6	127,0	128,7	130,5	133,5	134,8	135,8	137,3	138,3	139,1	140,2	141,0	141,6	142,4	142,9
V=3,0 m/s	122,9	125,2	126,9	128,7	131,5	132,9	133,8	135,2	136,2	137,0	138,0	138,8	139,3	140,1	140,6
V=6,0 m/s	118,8	121,0	122,6	124,3	127,0	128,3	129,2	130,5	131,5	132,2	133,2	133,9	134,4	135,2	135,6

TABLE 1 (CONTINUED)
HAZEN-WILLIAMS C_h ($m^{0,37}/s$) DERIVED FROM THE DARCY-WEISBACH FORMULA USING THE
COLEBROOK-WHITE TRANSITION LAW

k (mm) = 0,15															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5 m/s	115,4	118,5	120,7	123,1	127,0	128,8	130,2	132,2	133,7	134,8	136,4	137,6	138,5	139,8	140,7
V=0,75 m/s	114,7	117,8	120,0	122,2	126,1	127,8	129,1	131,1	132,5	133,6	135,2	136,3	137,1	138,4	139,2
V=1,0 m/s	113,8	116,8	119,0	121,2	124,9	126,7	128,0	129,9	131,3	132,3	133,9	135,0	135,8	137,0	137,8
V=1,5 m/s	112,0	114,9	117,0	119,2	122,9	124,6	125,8	127,7	129,0	130,1	131,6	132,6	133,4	134,6	135,4
V=2,0 m/s	110,5	113,3	115,4	117,6	121,1	122,8	124,0	125,8	127,2	128,2	129,6	130,7	131,5	132,6	133,4
V=3,0 m/s	107,9	110,7	112,7	114,9	118,3	120,0	121,1	122,9	124,2	125,2	126,6	127,6	128,4	129,5	130,3
V=6,0 m/s	103,1	105,8	107,7	109,7	113,1	114,6	115,7	117,4	118,7	119,6	121,0	121,9	122,6	123,7	124,4
k (mm) = 0,3															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5 m/s	105,1	108,5	111,1	113,7	118,1	120,2	121,7	124,1	125,8	127,1	129,0	130,4	131,4	132,9	134,0
V=0,75 m/s	103,4	106,8	109,3	111,9	116,2	118,3	119,8	122,0	123,7	124,9	126,8	128,1	129,2	130,7	131,7
V=1,0 m/s	102,0	105,3	107,8	110,3	114,6	116,6	118,0	120,3	121,9	123,1	125,0	126,3	127,3	128,7	129,8
V=1,5 m/s	99,7	103,0	105,3	107,8	112,0	113,9	115,3	117,5	119,1	120,3	122,1	123,4	124,3	125,8	126,8
V=2,0 m/s	97,9	101,1	103,4	105,9	110,0	111,9	113,3	115,4	116,9	118,1	119,9	121,1	122,1	123,5	124,5
V=3,0 m/s	95,3	98,4	100,7	103,0	107,0	108,9	110,2	112,3	113,8	114,9	116,6	117,8	118,8	120,1	121,1
V=6,0 m/s	90,6	93,6	95,7	98,0	101,7	103,5	104,8	106,8	108,2	109,3	110,9	112,1	112,9	114,2	115,1
k (mm) = 0,6															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5 m/s	92,4	96,3	99,1	102,1	107,0	109,4	111,1	113,8	115,7	117,2	119,5	121,1	122,3	124,1	125,4
V=0,75 m/s	90,3	94,1	96,9	99,8	104,6	106,9	108,6	111,2	113,1	114,5	116,7	118,3	119,5	121,2	122,5
V=1,0 m/s	88,7	92,4	95,1	98,0	102,7	105,0	106,6	109,2	111,0	112,5	114,6	116,1	117,3	119,1	120,3
V=1,5 m/s	86,4	89,9	92,6	95,3	100,0	102,2	103,8	106,2	108,0	109,4	111,5	113,0	114,1	115,8	117,0
V=2,0 m/s	84,6	88,1	90,7	93,4	97,9	100,1	101,7	104,1	105,9	107,2	109,2	110,7	111,8	113,5	114,7
V=3,0 m/s	82,1	85,5	88,0	90,7	95,1	97,2	98,7	101,0	102,8	104,1	106,0	107,5	108,5	110,1	111,3
V=6,0 m/s	77,9	81,1	83,5	86,0	90,2	92,2	93,6	95,8	97,5	98,7	100,6	101,9	103,0	104,5	105,6

TABLE 1 (CONTINUED)
HAZEN-WILLIAMS C_h ($m^{0,37}/s$) DERIVED FROM THE DARCY-WEISBACH FORMULA USING THE COLEBROOK-WHITE TRANSITION LAW

k (mm) = 1,5															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5 m/s	73,7	78,0	81,2	84,6	90,2	93,0	94,9	98,0	100,3	102,1	104,7	106,6	108,1	110,3	111,9
V=0,75 m/s	71,6	75,8	78,9	82,2	87,7	90,4	92,3	95,3	97,5	99,2	101,8	103,6	105,1	107,2	108,8
V=1,0 m/s	70,2	74,3	77,3	80,5	85,9	88,5	90,4	93,3	95,5	97,2	99,7	101,5	102,9	105,0	106,5
V=1,5 m/s	68,1	72,1	75,0	78,1	83,3	85,9	87,7	90,5	92,6	94,3	96,7	98,5	99,8	101,9	103,3
V=2,0 m/s	66,6	70,5	73,4	76,4	81,5	84,0	85,8	88,6	90,6	92,2	94,6	96,3	97,7	99,6	101,1
V=3,0 m/s	64,5	68,3	71,1	74,1	79,0	81,4	83,1	85,8	87,8	89,4	91,7	93,3	94,6	96,6	98,0
V=6,0 m/s	61,1	64,7	67,3	70,1	74,8	77,1	78,7	81,3	83,2	84,6	86,8	88,4	89,6	91,5	92,8
k (mm) = 3,0															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5 m/s	58,9	63,5	67,0	70,6	76,8	79,8	81,9	85,3	87,8	89,8	92,7	94,8	96,5	99,0	100,8
V=0,75 m/s	57,2	61,6	65,0	68,5	74,5	77,4	79,5	82,8	85,2	87,1	89,9	92,0	93,6	96,0	97,8
V=1,0 m/s	55,9	60,3	63,6	67,0	72,9	75,7	77,7	81,0	83,3	85,2	88,0	90,0	91,6	93,9	95,7
V=1,5 m/s	54,2	58,5	61,6	65,0	70,6	73,4	75,3	78,5	80,8	82,6	85,3	87,2	88,8	91,0	92,7
V=2,0 m/s	53,0	57,2	60,2	63,5	69,0	71,7	73,7	76,7	79,0	80,7	83,4	85,3	86,8	89,0	90,6
V=3,0 m/s	51,3	55,4	58,3	61,5	66,9	69,5	71,4	74,3	76,5	78,2	80,7	82,6	84,1	86,2	87,8
V=6,0 m/s	48,6	52,4	55,2	58,2	63,3	65,8	67,5	70,4	72,4	74,0	76,4	78,2	79,6	81,6	83,1
k (mm) = 6,0															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5 m/s	44,1	49,0	52,6	56,5	63,1	66,3	68,7	72,4	75,1	77,2	80,4	82,8	84,6	87,4	89,4
V=0,75 m/s	42,7	47,5	51,0	54,8	61,2	64,3	66,6	70,1	72,8	74,8	77,9	80,2	82,0	84,7	86,6
V=1,0 m/s	41,8	46,4	49,9	53,6	59,8	62,9	65,1	68,6	71,1	73,2	76,2	78,4	80,2	82,8	84,7
V=1,5 m/s	40,5	45,0	48,3	51,9	57,9	60,9	63,0	66,4	68,9	70,9	73,8	76,0	77,7	80,2	82,0
V=2,0 m/s	39,6	44,0	47,2	50,7	56,6	59,5	61,6	64,9	67,4	69,3	72,1	74,3	75,9	78,4	80,2
V=3,0 m/s	38,3	42,6	45,7	49,1	54,9	57,6	59,7	62,9	65,2	67,1	69,9	71,9	73,5	75,9	77,7
V=6,0 m/s	36,3	40,3	43,3	46,5	51,9	54,5	56,5	59,5	61,7	63,5	66,1	68,0	69,6	71,8	73,5

TABLE 2
MANNING $n(s/m^{1/2})$ DERIVED FROM THE DARCY-WEISBACH FORMULA USING THE COLEBROOK-WHITE TRANSITION LAW

k (mm) = 0,015

Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5 m/s	0,00843	0,00849	0,00855	0,00862	0,00877	0,00886	0,00893	0,00906	0,00917	0,00926	0,00941	0,00954	0,00965	0,00983	0,00998
V=0,75 m/s	0,00802	0,00809	0,00816	0,00823	0,00840	0,00849	0,00856	0,00870	0,00881	0,00890	0,00906	0,00919	0,00930	0,00948	0,00963
V=1,0 m/s	0,00777	0,00784	0,00791	0,00799	0,00816	0,00825	0,00833	0,00846	0,00858	0,00867	0,00883	0,00896	0,00907	0,00925	0,00940
V=1,5 m/s	0,00745	0,00753	0,00760	0,00769	0,00786	0,00796	0,00803	0,00817	0,00828	0,00838	0,00854	0,00867	0,00878	0,00896	0,00911
V=2,0 m/s	0,00725	0,00734	0,00741	0,00750	0,00767	0,00777	0,00785	0,00798	0,00810	0,00819	0,00835	0,00848	0,00860	0,00878	0,00893
V=3,0 m/s	0,00702	0,00710	0,00718	0,00726	0,00744	0,00754	0,00762	0,00776	0,00787	0,00797	0,00812	0,00826	0,00837	0,00855	0,00870
V=6,0 m/s	0,00671	0,00680	0,00687	0,00696	0,00713	0,00723	0,00731	0,00745	0,00756	0,00766	0,00782	0,00794	0,00805	0,00823	0,00838

k (mm) = 0,03

Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5 m/s	0,00857	0,00862	0,00867	0,00874	0,00888	0,00896	0,00903	0,00916	0,00926	0,00935	0,00950	0,00963	0,00973	0,00991	0,01006
V=0,75 m/s	0,00819	0,00826	0,00831	0,00838	0,00853	0,00862	0,00869	0,00882	0,00893	0,00902	0,00917	0,00930	0,00940	0,00958	0,00973
V=1,0 m/s	0,00797	0,00803	0,00809	0,00816	0,00832	0,00841	0,00848	0,00861	0,00872	0,00881	0,00896	0,00909	0,00920	0,00938	0,00952
V=1,5 m/s	0,00769	0,00776	0,00782	0,00790	0,00806	0,00815	0,00822	0,00835	0,00846	0,00855	0,00871	0,00883	0,00894	0,00912	0,00927
V=2,0 m/s	0,00753	0,00760	0,00766	0,00774	0,00790	0,00799	0,00806	0,00819	0,00830	0,00839	0,00855	0,00868	0,00878	0,00896	0,00911
V=3,0 m/s	0,00734	0,00741	0,00747	0,00755	0,00771	0,00780	0,00788	0,00801	0,00812	0,00821	0,00836	0,00849	0,00859	0,00877	0,00892
V=6,0 m/s	0,00711	0,00718	0,00725	0,00732	0,00748	0,00757	0,00765	0,00778	0,00788	0,00798	0,00813	0,00825	0,00836	0,00853	0,00868

k (mm) = 0,06

Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5 m/s	0,00883	0,00886	0,00890	0,00896	0,00908	0,00916	0,00922	0,00934	0,00943	0,00952	0,00966	0,00978	0,00989	0,01006	0,01020
V=0,75 m/s	0,00850	0,00855	0,00859	0,00865	0,00878	0,00886	0,00892	0,00904	0,00914	0,00923	0,00937	0,00949	0,00960	0,00977	0,00991
V=1,0 m/s	0,00831	0,00836	0,00841	0,00847	0,00860	0,00868	0,00875	0,00886	0,00896	0,00905	0,00920	0,00932	0,00942	0,00960	0,00974
V=1,5 m/s	0,00810	0,00814	0,00819	0,00825	0,00839	0,00847	0,00854	0,00866	0,00876	0,00884	0,00899	0,00911	0,00921	0,00939	0,00953
V=2,0 m/s	0,00797	0,00802	0,00807	0,00813	0,00827	0,00835	0,00842	0,00853	0,00863	0,00872	0,00887	0,00899	0,00909	0,00926	0,00940
V=3,0 m/s	0,00783	0,00789	0,00793	0,00800	0,00813	0,00821	0,00828	0,00840	0,00850	0,00858	0,00873	0,00885	0,00895	0,00912	0,00926
V=6,0 m/s	0,00768	0,00773	0,00778	0,00784	0,00798	0,00806	0,00813	0,00824	0,00834	0,00843	0,00857	0,00869	0,00879	0,00896	0,00910

TABLE 2 (CONTINUED)
MANNING $n(s/m^{1/2})$ DERIVED FROM THE DARCY-WEISBACH FORMULA USING THE COLEBROOK-WHITE TRANSITION LAW

k (mm) = 0,15															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5 m/s	0,00948	0,00948	0,00949	0,00951	0,00959	0,00965	0,00970	0,00979	0,00988	0,00995	0,01008	0,01019	0,01028	0,01044	0,01057
V=0,75 m/s	0,00925	0,00925	0,00926	0,00929	0,00937	0,00943	0,00948	0,00958	0,00966	0,00974	0,00986	0,00997	0,01007	0,01023	0,01036
V=1,0 m/s	0,00912	0,00912	0,00914	0,00917	0,00925	0,00931	0,00936	0,00946	0,00954	0,00961	0,00974	0,00985	0,00994	0,01010	0,01024
V=1,5 m/s	0,00899	0,00899	0,00900	0,00903	0,00912	0,00918	0,00923	0,00932	0,00941	0,00948	0,00961	0,00972	0,00981	0,00997	0,01010
V=2,0 m/s	0,00891	0,00891	0,00893	0,00896	0,00905	0,00910	0,00915	0,00925	0,00933	0,00941	0,00953	0,00964	0,00973	0,00989	0,01002
V=3,0 m/s	0,00883	0,00884	0,00885	0,00888	0,00897	0,00903	0,00908	0,00917	0,00926	0,00933	0,00946	0,00956	0,00966	0,00981	0,00994
V=6,0 m/s	0,00875	0,00876	0,00877	0,00880	0,00889	0,00895	0,00900	0,00909	0,00917	0,00925	0,00937	0,00948	0,00957	0,00973	0,00986
k (mm) = 0,3															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5 m/s	0,01034	0,01028	0,01025	0,01024	0,01026	0,01029	0,01032	0,01038	0,01045	0,01051	0,01061	0,01071	0,01079	0,01094	0,01106
V=0,75 m/s	0,01018	0,01012	0,01010	0,01008	0,01011	0,01014	0,01017	0,01023	0,01030	0,01036	0,01046	0,01056	0,01064	0,01078	0,01090
V=1,0 m/s	0,01010	0,01004	0,01001	0,01000	0,01002	0,01005	0,01009	0,01015	0,01022	0,01028	0,01038	0,01048	0,01056	0,01070	0,01082
V=1,5 m/s	0,01001	0,00995	0,00993	0,00991	0,00994	0,00997	0,01000	0,01007	0,01013	0,01019	0,01030	0,01039	0,01047	0,01061	0,01073
V=2,0 m/s	0,00996	0,00991	0,00988	0,00987	0,00989	0,00992	0,00996	0,01002	0,01009	0,01014	0,01025	0,01034	0,01043	0,01057	0,01069
V=3,0 m/s	0,00992	0,00986	0,00983	0,00982	0,00985	0,00988	0,00991	0,00998	0,01004	0,01010	0,01020	0,01030	0,01038	0,01052	0,01064
V=6,0 m/s	0,00987	0,00981	0,00979	0,00978	0,00980	0,00983	0,00986	0,00993	0,00999	0,01005	0,01015	0,01025	0,01033	0,01047	0,01059
k (mm) = 0,6															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5 m/s	0,01165	0,01149	0,01139	0,01132	0,01124	0,01123	0,01123	0,01125	0,01128	0,01132	0,01140	0,01147	0,01153	0,01165	0,01176
V=0,75 m/s	0,01154	0,01138	0,01129	0,01122	0,01114	0,01113	0,01113	0,01115	0,01119	0,01123	0,01130	0,01137	0,01144	0,01156	0,01166
V=1,0 m/s	0,01149	0,01133	0,01124	0,01116	0,01109	0,01108	0,01108	0,01110	0,01114	0,01117	0,01125	0,01132	0,01139	0,01151	0,01161
V=1,5 m/s	0,01143	0,01128	0,01119	0,01111	0,01104	0,01103	0,01103	0,01105	0,01109	0,01112	0,01120	0,01127	0,01133	0,01145	0,01156
V=2,0 m/s	0,01141	0,01125	0,01116	0,01109	0,01101	0,01100	0,01100	0,01103	0,01106	0,01110	0,01117	0,01124	0,01131	0,01143	0,01153
V=3,0 m/s	0,01138	0,01122	0,01113	0,01106	0,01098	0,01097	0,01098	0,01100	0,01103	0,01107	0,01114	0,01121	0,01128	0,01140	0,01150
V=6,0 m/s	0,01135	0,01120	0,01110	0,01103	0,01096	0,01095	0,01095	0,01097	0,01101	0,01104	0,01112	0,01119	0,01125	0,01137	0,01147

TABLE 2 (CONTINUED)
MANNING $n(s/m^{1/2})$ DERIVED FROM THE DARCY-WEISBACH FORMULA USING THE COLEBROOK-WHITE TRANSITION LAW

k (mm) = 1,5															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5 m/s	0,01436	0,01396	0,01370	0,01347	0,01316	0,01305	0,01299	0,01292	0,01288	0,01287	0,01288	0,01290	0,01293	0,01300	0,01307
V=0,75 m/s	0,01431	0,01390	0,01365	0,01342	0,01311	0,01300	0,01294	0,01287	0,01283	0,01282	0,01283	0,01285	0,01288	0,01295	0,01302
V=1,0 m/s	0,01428	0,01387	0,01362	0,01339	0,01309	0,01298	0,01292	0,01284	0,01281	0,01280	0,01280	0,01283	0,01286	0,01293	0,01300
V=1,5 m/s	0,01425	0,01385	0,01359	0,01336	0,01306	0,01295	0,01289	0,01282	0,01278	0,01277	0,01278	0,01280	0,01283	0,01290	0,01297
V=2,0 m/s	0,01424	0,01383	0,01358	0,01335	0,01305	0,01294	0,01288	0,01280	0,01277	0,01276	0,01277	0,01279	0,01282	0,01289	0,01296
V=3,0 m/s	0,01422	0,01382	0,01357	0,01334	0,01304	0,01293	0,01286	0,01279	0,01276	0,01275	0,01275	0,01278	0,01281	0,01287	0,01294
V=6,0 m/s	0,01421	0,01381	0,01355	0,01332	0,01302	0,01291	0,01285	0,01278	0,01275	0,01273	0,01274	0,01276	0,01279	0,01286	0,01293
k (mm) = 3,0															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5 m/s	0,01767	0,01688	0,01637	0,01592	0,01529	0,01505	0,01489	0,01469	0,01457	0,01450	0,01441	0,01438	0,01436	0,01437	0,01440
V=0,75 m/s	0,01764	0,01684	0,01634	0,01588	0,01526	0,01502	0,01486	0,01466	0,01454	0,01447	0,01439	0,01435	0,01434	0,01434	0,01437
V=1,0 m/s	0,01762	0,01682	0,01633	0,01587	0,01524	0,01500	0,01485	0,01465	0,01453	0,01445	0,01437	0,01434	0,01432	0,01433	0,01435
V=1,5 m/s	0,01760	0,01681	0,01631	0,01585	0,01523	0,01499	0,01483	0,01463	0,01451	0,01444	0,01436	0,01432	0,01431	0,01431	0,01434
V=2,0 m/s	0,01759	0,01680	0,01630	0,01584	0,01522	0,01498	0,01483	0,01462	0,01451	0,01443	0,01435	0,01431	0,01430	0,01431	0,01433
V=3,0 m/s	0,01758	0,01679	0,01629	0,01584	0,01521	0,01497	0,01482	0,01462	0,01450	0,01442	0,01434	0,01431	0,01429	0,01430	0,01433
V=6,0 m/s	0,01757	0,01678	0,01628	0,01583	0,01520	0,01496	0,01481	0,01461	0,01449	0,01442	0,01434	0,01430	0,01429	0,01429	0,01432
k (mm) = 6,0															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5 m/s	0,02311	0,02147	0,02046	0,01956	0,01833	0,01784	0,01753	0,01711	0,01685	0,01667	0,01644	0,01631	0,01622	0,01613	0,01609
V=0,75 m/s	0,02308	0,02145	0,02044	0,01954	0,01831	0,01782	0,01752	0,01709	0,01683	0,01665	0,01642	0,01629	0,01621	0,01612	0,01607
V=1,0 m/s	0,02307	0,02143	0,02043	0,01953	0,01830	0,01781	0,01751	0,01708	0,01682	0,01664	0,01642	0,01628	0,01620	0,01611	0,01607
V=1,5 m/s	0,02306	0,02142	0,02042	0,01952	0,01829	0,01781	0,01750	0,01708	0,01681	0,01663	0,01641	0,01627	0,01619	0,01610	0,01606
V=2,0 m/s	0,02306	0,02142	0,02042	0,01951	0,01828	0,01780	0,01749	0,01707	0,01681	0,01663	0,01640	0,01627	0,01619	0,01609	0,01605
V=3,0 m/s	0,02305	0,02141	0,02041	0,01951	0,01828	0,01780	0,01749	0,01707	0,01680	0,01662	0,01640	0,01627	0,01618	0,01609	0,01605
V=6,0 m/s	0,02304	0,02141	0,02041	0,01950	0,01827	0,01779	0,01748	0,01706	0,01680	0,01662	0,01639	0,01626	0,01618	0,01609	0,01605

**TABLE 3
PERCENTAGE DIFFERENCE IN HAZEN-WILLIAMS COEFFICIENTS WITH A CHANGE IN VELOCITY**

k (mm) = 0,015															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5-0,75	-2,1	-1,9	-1,8	-1,7	-1,5	-1,4	-1,3	-1,2	-1,1	-1,0	-0,9	-0,8	-0,8	-0,7	-0,6
V=3-6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5
MAX-MIN	5,6	5,1	4,6	4,2	3,5	3,1	2,9	2,6	2,3	2,1	1,8	1,7	1,8	1,9	2,1
k (mm) = 0,03															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5-0,75	-1,6	-1,4	-1,3	-1,2	-1,1	-1,0	-0,9	-0,8	-0,7	-0,7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,4	-0,3
V=3-6	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5
MAX-MIN	2,9	2,8	2,9	3,0	3,2	3,3	3,3	3,5	3,6	3,7	3,8	4,0	4,1	4,2	4,4
k (mm) = 0,06															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5-0,75	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,1	-0,1	0,0	0,0	0,1	0,1
V=3-6	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
MAX-MIN	6,0	6,1	6,2	6,3	6,5	6,6	6,7	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,6	7,8
k (mm) = 0,15															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5-0,75	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0
V=3-6	4,4	4,4	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
MAX-MIN	11,9	12,0	12,1	12,2	12,3	12,4	12,5	12,6	12,6	12,7	12,8	12,9	12,9	13,0	13,1
k (mm) = 0,3															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5-0,75	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
V=3-6	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
MAX-MIN	15,9	16,0	16,0	16,0	16,1	16,1	16,2	16,2	16,2	16,3	16,3	16,3	16,3	16,4	16,4

TABLE 3 (CONTINUED)
PERCENTAGE DIFFERENCE IN HAZEN-WILLIAMS COEFFICIENTS WITH A CHANGE IN VELOCITY

k (mm) = 0,6															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5-0,75	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
V=3-6	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
MAX-MIN	18,6	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8
k (mm) = 1,5															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5-0,75	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
V=3-6	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3
MAX-MIN	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6
k (mm) = 3,0															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5-0,75	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
V=3-6	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3
MAX-MIN	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3
k (mm) = 6,0															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5-0,75	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
V=3-6	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4
MAX-MIN	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6

TABLE 4
PERCENTAGE DIFFERENCE IN MANNING COEFFICIENTS WITH A CHANGE IN VELOCITY

k (mm) = 0,015															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5-0,75	4,8	4,7	4,6	4,5	4,3	4,2	4,1	4,0	3,9	3,9	3,8	3,7	3,6	3,6	3,5
V=3-6	4,4	4,3	4,3	4,2	4,1	4,1	4,0	3,9	3,9	3,9	3,8	3,8	3,7	3,7	3,6
MAX-MIN	25,6	24,9	24,4	23,9	22,9	22,5	22,1	21,6	21,2	20,9	20,4	20,1	19,8	19,4	19,1
k (mm) = 0,03															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5-0,75	4,3	4,2	4,2	4,1	3,9	3,8	3,8	3,7	3,6	3,6	3,5	3,4	3,4	3,3	3,2
V=3-6	3,1	3,1	3,1	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,9	2,8	2,8	2,8	2,8	2,7	2,7
MAX-MIN	20,5	20,0	19,7	19,3	18,7	18,3	18,1	17,7	17,5	17,2	16,9	16,7	16,4	16,1	15,9
k (mm) = 0,06															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5-0,75	3,6	3,6	3,5	3,4	3,3	3,3	3,2	3,2	3,1	3,1	3,0	3,0	2,9	2,9	2,8
V=3-6	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
MAX-MIN	14,9	14,6	14,4	14,2	13,8	13,6	13,5	13,3	13,1	13,0	12,8	12,6	12,5	12,3	12,1
k (mm) = 0,15															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5-0,75	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1	2,1	2,0
V=3-6	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
MAX-MIN	8,3	8,2	8,2	8,1	7,9	7,9	7,8	7,7	7,7	7,6	7,5	7,5	7,4	7,4	7,3
k (mm) = 0,3															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5-0,75	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
V=3-6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
MAX-MIN	4,8	4,8	4,8	4,7	4,7	4,7	4,6	4,6	4,6	4,6	4,5	4,5	4,5	4,5	4,4

**TABLE 4 (CONTINUED)
PERCENTAGE DIFFERENCE IN MANNING COEFFICIENTS WITH A CHANGE IN VELOCITY**

k (mm) = 0,6															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5-0,75	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
V=3-6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
MAX-MIN	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
k (mm) = 1,5															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5-0,75	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
V=3-6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
MAX-MIN	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
k (mm) = 3,0															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5-0,75	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
V=3-6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
MAX-MIN	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
k (mm) = 6,0															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5-0,75	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
V=3-6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MAX-MIN	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

TABLE 5
PERCENTAGE DIFFERENCE IN HAZEN-WILLIAMS COEFFICIENTS BETWEEN k VALUES

V (m/s) = 1															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
k=0,015-0,03	2,7	2,5	2,4	2,3	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4
k=0,03-0,06	4,5	4,2	4,1	3,9	3,5	3,4	3,3	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4
k=0,06-0,15	9,5	9,0	8,6	8,2	7,6	7,3	7,1	6,7	6,5	6,3	6,0	5,8	5,7	5,4	5,3
k=0,15-0,3	10,4	9,8	9,4	9,0	8,3	8,0	7,7	7,4	7,1	6,9	6,6	6,4	6,3	6,0	5,8
k=0,3-0,6	13,0	12,3	11,7	11,2	10,3	9,9	9,7	9,2	8,9	8,7	8,3	8,0	7,8	7,5	7,3
k=0,6-1,5	20,9	24,1	26,2	28,4	31,7	33,2	34,2	35,7	36,8	37,6	38,8	39,6	40,2	41,1	41,7
k=1,5-3,0	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3

TABLE 6
PERCENTAGE DIFFERENCE IN MANNING COEFFICIENTS BETWEEN k VALUES

V (m/s) = 1															
Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
k=0,015-0,03	-2,5	-2,4	-2,3	-2,2	-2,0	-1,9	-1,8	-1,7	-1,6	-1,6	-1,5	-1,4	-1,4	-1,3	-1,3
k=0,03-0,06	-4,4	-4,1	-3,9	-3,7	-3,4	-3,2	-3,1	-3,0	-2,8	-2,8	-2,6	-2,5	-2,4	-2,3	-2,2
k=0,06-0,15	-9,7	-9,1	-8,7	-8,3	-7,6	-7,3	-7,0	-6,7	-6,4	-6,2	-5,9	-5,7	-5,6	-5,3	-5,1
k=0,15-0,3	-10,7	-10,0	-9,6	-9,1	-8,3	-8,0	-7,7	-7,4	-7,1	-6,9	-6,6	-6,3	-6,2	-5,9	-5,7
k=0,3-0,6	-13,8	-12,9	-12,3	-11,6	-10,6	-10,2	-9,9	-9,4	-9,0	-8,7	-8,4	-8,1	-7,8	-7,5	-7,3
k=0,6-1,5	-24,3	-22,4	-21,2	-19,9	-18,0	-17,2	-16,6	-15,6	-15,0	-14,5	-13,8	-13,3	-12,9	-12,3	-11,9
k=1,5-3,0	-23,4	-21,3	-19,9	-18,5	-16,5	-15,6	-15,0	-14,1	-13,4	-12,9	-12,3	-11,8	-11,4	-10,9	-10,5

TABLE 7
PERCENTAGE DIFFERENCE IN HAZEN-WILLIAMS COEFFICIENTS BETWEEN PIPE DIAMETERS

k (mm) = 0,015

Pipe diam mm	15-20	20-25	25-32	32-50	50-63	63-75	75-100	100-125	125-150	150-200	200-250	250-300	300-400	400-500
V=1 m/s	-1,6	-1,1	-1,1	-1,8	-0,8	-0,6	-0,9	-0,6	-0,4	-0,6	-0,4	-0,3	-0,4	-0,3
V=2 m/s	-1,4	-1,0	-1,0	-1,6	-0,7	-0,5	-0,7	-0,5	-0,4	-0,5	-0,3	-0,2	-0,3	-0,2
V=6 m/s	-1,2	-0,8	-0,8	-1,3	-0,6	-0,4	-0,6	-0,4	-0,3	-0,4	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1

k (mm) = 0,15

Pipe diam mm	15-20	20-25	25-32	32-50	50-63	63-75	75-100	100-125	125-150	150-200	200-250	250-300	300-400	400-500
V=1 m/s	-2,6	-1,9	-1,9	-3,1	-1,4	-1,0	-1,5	-1,1	-0,8	-1,2	-0,8	-0,6	-0,9	-0,6
V=2 m/s	-2,6	-1,8	-1,9	-3,0	-1,4	-1,0	-1,5	-1,0	-0,8	-1,1	-0,8	-0,6	-0,9	-0,6
V=6 m/s	-2,6	-1,8	-1,9	-3,0	-1,4	-1,0	-1,5	-1,0	-0,8	-1,1	-0,8	-0,6	-0,8	-0,6

k (mm) = 1,5

Pipe diam mm	15-20	20-25	25-32	32-50	50-63	63-75	75-100	100-125	125-150	150-200	200-250	250-300	300-400	400-500
V=1 m/s	-5,9	-4,1	-4,1	-6,7	-3,0	-2,1	-3,3	-2,3	-1,8	-2,6	-1,8	-1,4	-2,0	-1,4
V=2 m/s	-5,9	-4,1	-4,1	-6,7	-3,0	-2,1	-3,3	-2,3	-1,8	-2,6	-1,8	-1,4	-2,0	-1,4
V=6 m/s	-5,9	-4,1	-4,1	-6,7	-3,0	-2,1	-3,3	-2,3	-1,8	-2,6	-1,8	-1,4	-2,0	-1,4

TABLE 8
PERCENTAGE DIFFERENCE IN MANNING COEFFICIENTS BETWEEN PIPE DIAMETERS

k (mm) = 0,015														
Pipe diam mm	15-20	20-25	25-32	32-50	50-63	63-75	75-100	100-125	125-150	150-200	200-250	250-300	300-400	400-500
V=1 m/s	-1,0	-0,8	-1,0	-2,1	-1,2	-0,9	-1,6	-1,3	-1,1	-1,8	-1,5	-1,2	-2,0	-1,6
V=2 m/s	-1,2	-1,0	-1,2	-2,3	-1,3	-1,0	-1,7	-1,4	-1,2	-2,0	-1,6	-1,3	-2,1	-1,7
V=6 m/s	-1,3	-1,1	-1,3	-2,5	-1,4	-1,1	-1,9	-1,5	-1,3	-2,1	-1,6	-1,4	-2,2	-1,8
k (mm) = 0,15														
Pipe diam mm	15-20	20-25	25-32	32-50	50-63	63-75	75-100	100-125	125-150	150-200	200-250	250-300	300-400	400-500
V=1 m/s	-0,0	-0,2	-0,3	-0,9	-0,6	-0,5	-1,0	-0,9	-0,8	-1,3	-1,1	-1,0	-1,6	-1,3
V=2 m/s	-0,0	-0,2	-0,3	-0,9	-0,7	-0,6	-1,0	-0,9	-0,8	-1,4	-1,1	-1,0	-1,6	-1,3
V=6 m/s	-0,0	-0,2	-0,3	-1,0	-0,7	-0,6	-1,0	-0,9	-0,8	-1,4	-1,1	-1,0	-1,6	-1,3
k (mm) = 1,5														
Pipe diam mm	15-20	20-25	25-32	32-50	50-63	63-75	75-100	100-125	125-150	150-200	200-250	250-300	300-400	400-500
V=1 m/s	2,8	1,8	1,7	2,3	0,8	0,5	0,6	0,3	0,1	-0,0	-0,2	-0,2	-0,5	-0,5
V=2 m/s	2,8	1,8	1,7	2,3	0,8	0,5	0,6	0,3	0,1	-0,0	-0,2	-0,2	-0,5	-0,5
V=6 m/s	2,8	1,8	1,7	2,3	0,8	0,5	0,6	0,3	0,1	-0,0	-0,2	-0,2	-0,5	-0,5

Appendix B

Work sheets

The coefficients of friction for Hazen-Williams and Manning given in the tables below have been derived from the Darcy-Weisbach formula using the Colebrook-White transition law.

General formulae

D in m

$$V = 1,273 \cdot Q/D^2 \quad Q \text{ in m}^3/\text{s}$$

D in mm

$$\begin{aligned} V &= 1,273 \cdot 10^3 \cdot Q/D^2 & Q \text{ in } \ell/\text{s} \\ V &= 2,122 \cdot 10^1 \cdot Q/D^2 & Q \text{ in } \ell/\text{min} \\ V &= 3,537 \cdot 10^2 \cdot Q/D^2 & Q \text{ in m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

Hazen-Williams

Use Hazen-Williams for $k \leq 0,15$ mm.

If the velocity (V) is unknown, choose C_h at a velocity of 1,5 m/s in which case the error in the calculations for velocities ≤ 3 m/s will be $\leq 5\%$ if $k < 0,15$. For greater accuracy, if $V < 1$ m/s or > 2 m/s choose the correct C_h value and, if necessary, re-calculate V or Q.

D in m

$$V = 0,354 \cdot C_h \cdot D^{0,63} \cdot S^{0,54} \quad V \text{ in m/s}$$

D in mm

$$V = 4,560 \cdot 10^{-3} \cdot C_h \cdot D^{0,63} \cdot S^{0,54} \quad V \text{ in m/s}$$

$$\begin{aligned} Q &= 3,582 \cdot 10^{-6} \cdot C_h \cdot D^{2,63} \cdot S^{0,54} & Q \text{ in } \ell/\text{s} \\ Q &= 2,149 \cdot 10^{-4} \cdot C_h \cdot D^{2,63} \cdot S^{0,54} & Q \text{ in } \ell/\text{min} \\ Q &= 1,289 \cdot 10^{-5} \cdot C_h \cdot D^{2,63} \cdot S^{0,54} & Q \text{ in m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

D in m

$$h_f = \frac{6,843 \cdot L}{D^{1,167}} \cdot \left[\frac{V}{C_h} \right]^{1,852} \quad V \text{ in m/s}$$

D in mm

$$h_f = \frac{2,169 \cdot 10^4 \cdot L}{D^{1,167}} \cdot \left[\frac{V}{C_h} \right]^{1,852} \quad V \text{ in m/s}$$

$$h_f = \frac{1,221 \cdot 10^{10} \cdot L}{D^{4,871}} \cdot \left[\frac{Q}{C_h} \right]^{1,852} \quad Q \text{ in } \ell/\text{s}$$

$$h_f = \frac{6,215 \cdot 10^6 \cdot L}{D^{4,871}} \cdot \left[\frac{Q}{C_h} \right]^{1,852} \quad Q \text{ in } \ell/\text{min}$$

$$h_f = \frac{1,138 \cdot 10^9 \cdot L}{D^{4,871}} \cdot \left[\frac{Q}{C_h} \right]^{1,852} \quad Q \text{ in m}^3/\text{h}$$

Manning

Use Manning for $k \geq 0,15$ mm.

If the velocity (V) is unknown, choose n at a velocity of 1,5 m/s in which case the error in the calculations will be slightly greater than 5% at a velocity $\leq 0,5$ m/s if $k < 0,3$. For greater accuracy, if $V < 1$ m/s or > 3 m/s choose the correct n value and re-calculate. If $k \geq 1,5$ the error for velocities between 0,5 and 6 m/s will always be less than 1%.

D in m

$$V = \frac{R^{2/3} \cdot \sqrt{s}}{n} \quad V \text{ in m/s}$$

$$V = \frac{0,3969 \cdot D^{2/3} \cdot \sqrt{s}}{n} \quad V \text{ in m/s}$$

D in mm

$$V = \frac{3,969 \cdot 10^{-3} \cdot D^{2/3} \cdot \sqrt{s}}{n} \quad V \text{ in m/s}$$

$$Q = \frac{3,177 \cdot 10^{-6} \cdot D^{2,667} \cdot \sqrt{s}}{n} \quad Q \text{ in } \ell/\text{s}$$

$$Q = \frac{1,870 \cdot 10^{-4} \cdot D^{2,667} \cdot \sqrt{s}}{n} \quad Q \text{ in } \ell/\text{min}$$

$$Q = \frac{1,122 \cdot 10^{-5} \cdot D^{2,667} \cdot \sqrt{s}}{n} \quad Q \text{ in m}^3/\text{h}$$

D in m

$$h_f = \left[\frac{V \cdot n}{R^{2/3}} \right]^2 \cdot L \quad V \text{ in m/s}$$

$$h_f = 6,350 \cdot \left[\frac{V \cdot n}{D^{2/3}} \right]^2 \cdot L \quad V \text{ in m/s}$$

D in mm

$$h_f = 6,350 \cdot 10^4 \cdot \left[\frac{V \cdot n}{D^{2/3}} \right]^2 \cdot L \quad V \text{ in m/s}$$

$$h_f = 1,029 \cdot 10^{11} \cdot \left[\frac{Q \cdot n}{D^{2,667}} \right]^2 \cdot L \quad Q \text{ in } \ell/\text{s}$$

$$h_f = 2,859 \cdot 10^7 \cdot \left[\frac{Q \cdot n}{D^{2,667}} \right]^2 \cdot L \quad Q \text{ in } \ell/\text{min}$$

$$h_f = 7,943 \cdot 10^9 \cdot \left[\frac{Q \cdot n}{D^{2,667}} \right]^2 \cdot L \quad Q \text{ in m}^3/\text{h}$$

TABLE 1
ROUGHNESS VALUES K IN mm (AFTER ACKERS, 1963)

Type of Pipe	Good	Normal	Poor
Asbestos cement	0,015	0,03	
Metal			
Spun bitumen lined		0,03	
Uncoated steel	0,015	0,03	0,06
Galvanised iron	0,06	0,15	0,3
Concrete			
Precast concrete pipes with 'O' rings	0,06	0,15	0,6
Spun precast concrete with 'O' rings	0,06	0,15	0,3
Clayware			
Glazed or unglazed pipes	0,03	0,06	0,15
Pitch fibre	0,003	0,03	
UPVC			
With chemically cemented joints		0,03	
Spigot and socket joints 'O' rings		0,06	

TABLE 2
HAZEN-WILLIAMS C_h ($m^{0,37}/s$)

k (mm) = 0,015

Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5 m/s	131,1	133,4	135,2	137,0	139,9	141,3	142,3	143,8	144,9	145,7	146,9	147,7	148,3	149,2	149,7
V=0,75 m/s	133,8	136,0	137,6	139,3	142,0	143,2	144,1	145,5	146,4	147,2	148,2	148,9	149,4	150,2	150,7
V=1,0 m/s	135,4	137,5	139,0	140,6	143,1	144,3	145,1	146,4	147,3	147,9	148,9	149,5	150,0	150,6	151,1
V=1,5 m/s	137,1	139,1	140,5	142,0	144,3	145,4	146,1	147,3	148,0	148,6	149,4	150,0	150,4	150,9	151,3
V=2,0 m/s	137,9	139,8	141,1	142,5	144,7	145,8	146,5	147,5	148,2	148,8	149,5	150,0	150,4	150,8	151,1
V=3,0 m/s	138,4	140,2	141,4	142,7	144,8	145,8	146,4	147,4	148,0	148,5	149,2	149,6	149,9	150,3	150,5
V=6,0 m/s	137,5	139,1	140,3	141,5	143,3	144,2	144,8	145,6	146,2	146,6	147,2	147,5	147,8	148,1	148,2

TABLE 3
HAZEN-WILLIAMS C_h ($m^{0,37}/s$)

k (mm) = 0,03

Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5 m/s	128,8	131,3	133,1	135,0	138,1	139,5	140,6	142,2	143,3	144,1	145,4	146,3	146,9	147,9	148,5
V=0,75 m/s	130,8	133,1	134,9	136,6	139,5	140,9	141,8	143,3	144,3	145,1	146,2	147,0	147,6	148,4	149,0
V=1,0 m/s	131,8	134,1	135,7	137,4	140,2	141,5	142,4	143,7	144,7	145,4	146,5	147,2	147,8	148,5	149,0
V=1,5 m/s	132,5	134,7	136,2	137,9	140,5	141,7	142,5	143,8	144,7	145,4	146,3	147,0	147,5	148,1	148,6
V=2,0 m/s	132,5	134,6	136,2	137,7	140,2	141,4	142,2	143,5	144,3	145,0	145,9	146,5	146,9	147,5	147,9
V=3,0 m/s	131,9	133,9	135,4	136,9	139,3	140,4	141,2	142,4	143,2	143,8	144,6	145,2	145,6	146,1	146,5
V=6,0 m/s	129,1	131,1	132,4	133,9	136,1	137,2	137,9	139,0	139,7	140,3	141,1	141,6	142,0	142,5	142,8

TABLE 4
HAZEN-WILLIAMS C_h ($m^{0,37}/s$)

k (mm) = 0,06

Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5 m/s	124,7	127,4	129,3	131,4	134,8	136,3	137,5	139,2	140,4	141,4	142,7	143,7	144,4	145,5	146,2
V=0,75 m/s	125,7	128,3	130,1	132,1	135,3	136,8	137,9	139,5	140,7	141,5	142,8	143,7	144,4	145,3	146,0
V=1,0 m/s	125,8	128,4	130,2	132,1	135,2	136,7	137,7	139,3	140,4	141,2	142,5	143,3	144,0	144,8	145,5
V=1,5 m/s	125,4	127,8	129,6	131,4	134,5	135,9	136,8	138,3	139,4	140,2	141,4	142,2	142,8	143,6	144,2
V=2,0 m/s	124,6	127,0	128,7	130,5	133,5	134,8	135,8	137,3	138,3	139,1	140,2	141,0	141,6	142,4	142,9
V=3,0 m/s	122,9	125,2	126,9	128,7	131,5	132,9	133,8	135,2	136,2	137,0	138,0	138,8	139,3	140,1	140,6
V=6,0 m/s	118,8	121,0	122,6	124,3	127,0	128,3	129,2	130,5	131,5	132,2	133,2	133,9	134,4	135,2	135,6

TABLE 5
HAZEN-WILLIAMS C_h ($m^{0,37}/s$)

k (mm) = 0,15

Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5 m/s	115,4	118,5	120,7	123,1	127,0	128,8	130,2	132,2	133,7	134,8	136,4	137,6	138,5	139,8	140,7
V=0,75 m/s	114,7	117,8	120,0	122,2	126,1	127,8	129,1	131,1	132,5	133,6	135,2	136,3	137,1	138,4	139,2
V=1,0 m/s	113,8	116,8	119,0	121,2	124,9	126,7	128,0	129,9	131,3	132,3	133,9	135,0	135,8	137,0	137,8
V=1,5 m/s	112,0	114,9	117,0	119,2	122,9	124,6	125,8	127,7	129,0	130,1	131,6	132,6	133,4	134,6	135,4
V=2,0 m/s	110,5	113,3	115,4	117,6	121,1	122,8	124,0	125,8	127,2	128,2	129,6	130,7	131,5	132,6	133,4
V=3,0 m/s	107,9	110,7	112,7	114,9	118,3	120,0	121,1	122,9	124,2	125,2	126,6	127,6	128,4	129,5	130,3
V=6,0 m/s	103,1	105,8	107,7	109,7	113,1	114,6	115,7	117,4	118,7	119,6	121,0	121,9	122,6	123,7	124,4

TABLE 6
MANNING n ($s/m^{1/2}$)

k (mm) = 0,15

Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5 m/s	0,00948	0,00948	0,00949	0,00951	0,00959	0,00965	0,00970	0,00979	0,00988	0,00995	0,01008	0,01019	0,01028	0,01044	0,01057
V=0,75 m/s	0,00925	0,00925	0,00926	0,00929	0,00937	0,00943	0,00948	0,00958	0,00966	0,00974	0,00986	0,00997	0,01007	0,01023	0,01036
V=1,0 m/s	0,00912	0,00912	0,00914	0,00917	0,00925	0,00931	0,00936	0,00946	0,00954	0,00961	0,00974	0,00985	0,00994	0,01010	0,01024
V=1,5 m/s	0,00899	0,00899	0,00900	0,00903	0,00912	0,00918	0,00923	0,00932	0,00941	0,00948	0,00961	0,00972	0,00981	0,00997	0,01010
V=2,0 m/s	0,00891	0,00891	0,00893	0,00896	0,00905	0,00910	0,00915	0,00925	0,00933	0,00941	0,00953	0,00964	0,00973	0,00989	0,01002
V=3,0 m/s	0,00883	0,00884	0,00885	0,00888	0,00897	0,00903	0,00908	0,00917	0,00926	0,00933	0,00946	0,00956	0,00966	0,00981	0,00994
V=6,0 m/s	0,00875	0,00876	0,00877	0,00880	0,00889	0,00895	0,00900	0,00909	0,00917	0,00925	0,00937	0,00948	0,00957	0,00973	0,00986

TABLE 7
MANNING $n(s/m^{1/2})$

k (mm) = 0,3

Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5 m/s	0,01034	0,01028	0,01025	0,01024	0,01026	0,01029	0,01032	0,01038	0,01045	0,01051	0,01061	0,01071	0,01079	0,01094	0,01106
V=0,75 m/s	0,01018	0,01012	0,01010	0,01008	0,01011	0,01014	0,01017	0,01023	0,01030	0,01036	0,01046	0,01056	0,01064	0,01078	0,01090
V=1,0 m/s	0,01010	0,01004	0,01001	0,01000	0,01002	0,01005	0,01009	0,01015	0,01022	0,01028	0,01038	0,01048	0,01056	0,01070	0,01082
V=1,5 m/s	0,01001	0,00995	0,00993	0,00991	0,00994	0,00997	0,01000	0,01007	0,01013	0,01019	0,01030	0,01039	0,01047	0,01061	0,01073
V=2,0 m/s	0,00996	0,00991	0,00988	0,00987	0,00989	0,00992	0,00996	0,01002	0,01009	0,01014	0,01025	0,01034	0,01043	0,01057	0,01069
V=3,0 m/s	0,00992	0,00986	0,00983	0,00982	0,00985	0,00988	0,00991	0,00998	0,01004	0,01010	0,01020	0,01030	0,01038	0,01052	0,01064
V=6,0 m/s	0,00987	0,00981	0,00979	0,00978	0,00980	0,00983	0,00986	0,00993	0,00999	0,01005	0,01015	0,01025	0,01033	0,01047	0,01059

TABLE 8
MANNING $n(s/m^{1/2})$

k (mm) = 0,6

Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5 m/s	0,01165	0,01149	0,01139	0,01132	0,01124	0,01123	0,01123	0,01125	0,01128	0,01132	0,01140	0,01147	0,01153	0,01165	0,01176
V=0,75 m/s	0,01154	0,01138	0,01129	0,01122	0,01114	0,01113	0,01113	0,01115	0,01119	0,01123	0,01130	0,01137	0,01144	0,01156	0,01166
V=1,0 m/s	0,01149	0,01133	0,01124	0,01116	0,01109	0,01108	0,01108	0,01110	0,01114	0,01117	0,01125	0,01132	0,01139	0,01151	0,01161
V=1,5 m/s	0,01143	0,01128	0,01119	0,01111	0,01104	0,01103	0,01103	0,01105	0,01109	0,01112	0,01120	0,01127	0,01133	0,01145	0,01156
V=2,0 m/s	0,01141	0,01125	0,01116	0,01109	0,01101	0,01100	0,01100	0,01103	0,01106	0,01110	0,01117	0,01124	0,01131	0,01143	0,01153
V=3,0 m/s	0,01138	0,01122	0,01113	0,01106	0,01098	0,01097	0,01098	0,01100	0,01103	0,01107	0,01114	0,01121	0,01128	0,01140	0,01150
V=6,0 m/s	0,01135	0,01120	0,01110	0,01103	0,01096	0,01095	0,01095	0,01097	0,01101	0,01104	0,01112	0,01119	0,01125	0,01137	0,01147

TABLE 9
MANNING $n(s/m^{1/2})$

k (mm) = 1,5

Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5 m/s	0,01436	0,01396	0,01370	0,01347	0,01316	0,01305	0,01299	0,01292	0,01288	0,01287	0,01288	0,01290	0,01293	0,01300	0,01307
V=0,75 m/s	0,01431	0,01390	0,01365	0,01342	0,01311	0,01300	0,01294	0,01287	0,01283	0,01282	0,01283	0,01285	0,01288	0,01295	0,01302
V=1,0 m/s	0,01428	0,01387	0,01362	0,01339	0,01309	0,01298	0,01292	0,01284	0,01281	0,01280	0,01280	0,01283	0,01286	0,01293	0,01300
V=1,5 m/s	0,01425	0,01385	0,01359	0,01336	0,01306	0,01295	0,01289	0,01282	0,01278	0,01277	0,01278	0,01280	0,01283	0,01290	0,01297
V=2,0 m/s	0,01424	0,01383	0,01358	0,01335	0,01305	0,01294	0,01288	0,01280	0,01277	0,01276	0,01277	0,01279	0,01282	0,01289	0,01296
V=3,0 m/s	0,01422	0,01382	0,01357	0,01334	0,01304	0,01293	0,01286	0,01279	0,01276	0,01275	0,01275	0,01278	0,01281	0,01287	0,01294
V=6,0 m/s	0,01421	0,01381	0,01355	0,01332	0,01302	0,01291	0,01285	0,01278	0,01275	0,01273	0,01274	0,01276	0,01279	0,01286	0,01293

TABLE 10
MANNING $n(s/m^{1/2})$

k (mm) = 3

Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5 m/s	0,01767	0,01688	0,01637	0,01592	0,01529	0,01505	0,01489	0,01469	0,01457	0,01450	0,01441	0,01438	0,01436	0,01437	0,01440
V=0,75 m/s	0,01764	0,01684	0,01634	0,01588	0,01526	0,01502	0,01486	0,01466	0,01454	0,01447	0,01439	0,01435	0,01434	0,01434	0,01437
V=1,0 m/s	0,01762	0,01682	0,01633	0,01587	0,01524	0,01500	0,01485	0,01465	0,01453	0,01445	0,01437	0,01434	0,01432	0,01433	0,01435
V=1,5 m/s	0,01760	0,01681	0,01631	0,01585	0,01523	0,01499	0,01483	0,01463	0,01451	0,01444	0,01436	0,01432	0,01431	0,01431	0,01434
V=2,0 m/s	0,01759	0,01680	0,01630	0,01584	0,01522	0,01498	0,01483	0,01462	0,01451	0,01443	0,01435	0,01431	0,01430	0,01431	0,01433
V=3,0 m/s	0,01758	0,01679	0,01629	0,01584	0,01521	0,01497	0,01482	0,01462	0,01450	0,01442	0,01434	0,01431	0,01429	0,01430	0,01433
V=6,0 m/s	0,01757	0,01678	0,01628	0,01583	0,01520	0,01496	0,01481	0,01461	0,01449	0,01442	0,01434	0,01430	0,01429	0,01429	0,01432

TABLE 11
MANNING $n(s/m^{1/2})$

k (mm) = 6

Pipe diam mm	15	20	25	32	50	63	75	100	125	150	200	250	300	400	500
V=0,5 m/s	0,02311	0,02147	0,02046	0,01956	0,01833	0,01784	0,01753	0,01711	0,01685	0,01667	0,01644	0,01631	0,01622	0,01613	0,01609
V=0,75 m/s	0,02308	0,02145	0,02044	0,01954	0,01831	0,01782	0,01752	0,01709	0,01683	0,01665	0,01642	0,01629	0,01621	0,01612	0,01607
V=1,0 m/s	0,02307	0,02143	0,02043	0,01953	0,01830	0,01781	0,01751	0,01708	0,01682	0,01664	0,01642	0,01628	0,01620	0,01611	0,01607
V=1,5 m/s	0,02306	0,02142	0,02042	0,01952	0,01829	0,01781	0,01750	0,01708	0,01681	0,01663	0,01641	0,01627	0,01619	0,01610	0,01606
V=2,0 m/s	0,02306	0,02142	0,02042	0,01951	0,01828	0,01780	0,01749	0,01707	0,01681	0,01663	0,01640	0,01627	0,01619	0,01609	0,01605
V=3,0 m/s	0,02305	0,02141	0,02041	0,01951	0,01828	0,01780	0,01749	0,01707	0,01680	0,01662	0,01640	0,01627	0,01618	0,01609	0,01605
V=6,0 m/s	0,02304	0,02141	0,02041	0,01950	0,01827	0,01779	0,01748	0,01706	0,01680	0,01662	0,01639	0,01626	0,01618	0,01609	0,01605