



7.10 Het ontwerpen van drinkwaterinstallaties

Bij het berekenen van leidingdiameters spelen de volgende punten een rol:

- het *doorlaatvermogen* van de leidingen moet zo groot zijn dat bij normaal gebruik van de installatie de gebruiker de gewenste hoeveelheid water kan aftappen;
- de leidingen mogen echter niet te wijf zijn, omdat anders de inhoud van de leidingen onvoldoende wordt ververst;
- er mogen bij het gebruik geen *hinderlijke drukschommelingen* optreden;
- de snelheid in de buizen en toestellen mag geen aanleiding zijn tot *hinderlijke geluiden*. De snelheid van het water in de leidingen mag niet hoger zijn dan 2 m/s, wanneer de geluidsoverlast beperkt moet worden < 1 m/s;
- de gelijktijdig te verwachten belasting van de installatie bepaalt de hoeveelheid water die door de leiding moet kunnen stromen.
- de hoeveelheid water die door een toestel geleverd kan worden, is afhankelijk van de druk voor het toestel (de zogenaamde *gebruiksdruk*). In het algemeen geldt dat bij een gebruiksdruk van 50 kPa een voldoende hoeveelheid water onttrokken kan worden en er nog een goede mengregeling mogelijk is.

7.10.1 Gelijktijdige belasting van drinkwaterinstallaties

De belasting van de drinkwaterinstallatie is afhankelijk van het aantal aangesloten toestellen. Het berekenen van de volumestroom in drinkwaterinstallaties is gebaseerd op een algemeen verwachtingspatroon met als doel een balans te vinden tussen gebruikerscomfort en investeringskosten. In Nederland is de meest gehanteerde methode voor de bepaling van de maximum-moment volumestroom de $q\sqrt{\eta}$ - methode. Vewin werkblad WB 2.1 geeft aan dat er ook andere berekeningsmethoden bestaan om de volumestroom in een drinkwaterinstallatie te bepalen. Indien voor een andere methode wordt gekozen, moeten de uitgangspunten met de betrokkenen en het waterleidingbedrijf worden vastgelegd.

We kunnen ervan uitgaan dat in het algemeen nooit alle koudwatertappunten gelijktijdig gebruikt zullen worden.

De berekening van de maximum-moment volumestroom koud- en warmwaterleidingen geschiedt in een aantal stappen.

Stap 1:

Ontwerp de leidingconfiguratie, schematiseer het ontwerp en nummer of benoem de leidingsecties.

Stap 2:

Bepaal de *volumestromen* van de aangesloten tapkranen (tabel 7.5).

Stap 3:

Bepaal voor iedere tapkraan of ieder toestel aan de hand van de volumestromen de *tapeenheden* (TE) met behulp van de formule $1 \text{ TE} = (q_v / 0,083)^2$.

Stap 4:

Bepaal de *gelijktijdigheidklasse* van de warmwatertappunten klasse I, IIa, IIb of III en de bijbehorende volumestromen (tabel 7.5).

Stap 5:

Bepaal de *bijtelling* aan tapeenheden (TE) tengevolge van de gehanteerde gelijktijdigheidklasse van de warmwatertappunten bij de koudwaterinstallatie.

Stap 6:

Bepaal de *maximum-momentvolumestroom* (MMV) per sectie met behulp van formule $MMV = 0,083 \sqrt{(\Sigma TE)}$

Stap 7:

Bepaal de *beschikbare druk* (sub paragraaf 7.10.2).

Stap 8:

Selecteer de middellijn (subparagraaf 7.10.2). Een voorbeeld van een dergelijke stapsgewijze berekening geeft figuur 7.19-1.

Berekeningsblad

De stappen 1 en 2 spreken voor zichzelf en behoeven geen nadere uitleg.

Stap 3: Bepaal aan de hand van de volumestroom de tapeenheden.

Voorbeeld:

Op de installatie wordt een keuken mengkraan aangesloten met een koudwatervolumestroom van 0,167 l/s (tabel 7.5). Het aantal tapeenheden TE van deze kraan volgt uit de formule:

$$TE = [q_v / 0,083]^2$$

Waarin:

TE = aantal tapeenheden

q_v = volumestroom in [l/s]

aantal tapeenheden van de keukenmengkraan:

$$[0,167 / 0,083]^2 = 4$$

Stap 4 : Bepaal de gelijkheidsklasse van de warmwatertappunten (zie onder warmwatertappunten).

Stap 5: Bepaal de *bijtelling* aan tapeenheden tengevolge van de gehanteerde gelijktijdigheidklasse (zie onder 'warmwatertappunten').

Stap 6: Maximum-momentvolumestroom.

Met de in de vorige stappen aangegeven methode om de tapeenheden te berekenen, is het niet mogelijk de leidingmiddellijnen te bepalen. Daartoe dienen de gevonden tapeenheden (TE) omgerekend te worden naar de maximum-momentvolumestroom (MMV).

Voorbeeld:

Op een leidingsectie zijn de volgende kranen aangesloten:

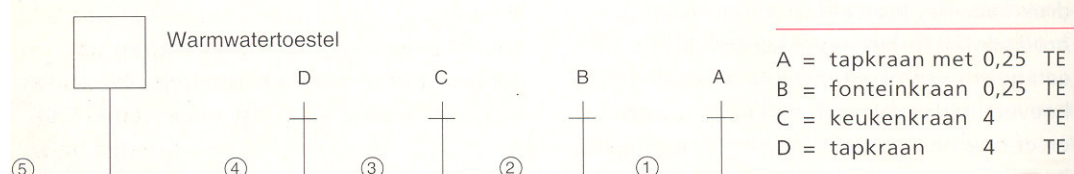
- Closet
- Fonteinkraan
- Keukenkraan
- Tapkraan 1/2"

De koudwatervolumestromen (tabel 7.5) zijn 0,042, 0,042, 0,167 en 0,167 l/s.

Omgerekend naar tapeenheden:

0,25, 0,25, 4 en 4.

Nu ontstaat weergegeven schema.





(Vervolg berekeningsblad)

Voorbeeld leidingsectie

Door leiding:	Omgerekend naar MMV	Dus door leidingdeel:
1 gaat 0,25 TE	0,25 TE = $0,083 \times \sqrt{0,25} = 0,042$ l/s	1 gaat 0,042 l/s
2 gaat 0,50 TE	0,50 TE = $0,083 \times \sqrt{0,5} = 0,059$ l/s	2 gaat 0,059 l/s
3 gaat 4,5 TE	4,5 TE = $0,083 \times \sqrt{4,5} = 0,176$ l/s	3 gaat 0,176 l/s
4 gaat 8,5 TE	8,5 TE = $0,083 \times \sqrt{8,5} = 0,242$ l/s	4 gaat 0,242 l/s

Zou nu op leidingdeel 4 bijvoorbeeld het warmwatertoestel worden aangesloten, dan wordt de situatie:

- Leidingdeel 4 aan tapeenheden	8,5
- Leidingdeel 5 bijtelling (zie voorbeeld tapeenheden)	<u>5,1</u>
Totaal tapeenheden	13,6

De maximum-momentvolumestroom van de vier tapkranen en het warmwatertoestel wordt dan

$$0,083 \times \sqrt{13,6} = 0,306 \text{ l/s}$$

Figuur 7.19-1

Voorbeeld leidingberekening

7.10.1a Warmwatertappunten

In tegenstelling tot koudwatertappunten wordt voor de warmwatertappunten drie gelijktijdigheidklasse 'conform de Kiwa-mededeling 110 'Technische aspecten van Warmwatervoorzieningen' gehanteerd.

Gelijktijdigheidklasse I

Kenmerken: Verschillende warmwatertappunten, waarvan er één naar keuze wordt gebruikt zonder eis van gelijktijdigheid. De maximale volumestroom is gebaseerd op de keuken meng kraan.

Gelijktijdigheidklasse IIa

Kenmerken: Verschillende warmwatertappunten, waarvan er twee gelijktijdig naar keuze kunnen worden gebruikt. De maximale volumestroom is gebaseerd op de keukenkraan en de douchemengkraan.

Gelijktijdigheidklasse IIb

Kenmerken: Verschillende warmwatertappunten, waarvan er twee gelijktijdig naar keuze kunnen worden gebruikt. De maximale volumestroom is gebaseerd op de keukenmengkraan en de badmengkraan.

Gelijktijdigheidklasse 111

Kenmerken: Verschillende warmwatertappunten, waarvan er drie gelijktijdig naar keuze kunnen worden gebruikt. De maximale volumestroom is gebaseerd op de keukenmengkraan, de bad mengkraan en de douchemengkraan.

Rekening houden met de te hanteren gelijktijdigheidklasse voor de warmwatertappunten houdt in, dat ondanks het tappen van koud water elders in de woning, tevens wordt voldaan aan de te gehanteerde gelijktijdigheidklasse.

Het gemakshalve sommeren van de koudwatervolumestroom, berekend volgens de $q\sqrt{\eta}$ - methode, en de warmwatervolumestroom volgend uit de gehanteerde gelijktijdigheidklasse, geeft aanleiding tot een overdimensionering van de installatie. Om voor de dimensionering van de leidingen de theoretische maximum-momentvolumestromen van het koud en warm water te berekenen kost zeer veel tijd.



Daarom gebruiken we een vereenvoudigde methode.

Deze methode komt in het kort hierop neer: Stel van de verschillende gelijktijdigheidklasse een aantal tapeenheden vast, tel deze op bij de tapeenheden voor de koudwaterinstallatie en volg verder de $q\sqrt{\eta}$ - methode. Het aantal tapeenheden dat bij de tapeenheden van de koudwaterinstallatie moet worden opgeteld, is het verschil tussen het aantal tapeenheden voor gemengd en dat voor koud water.

Tabel 7.5 Minimale volumestromen van de meest voorkomende tappunten

Soort tappunt	Koudwater q_v in l/s	Warmwater q_v in l/s
closetstortbak	0,042	-
fonteinkraan	0,042	-
wastafelkraan	0,083	-
wastafelmengkraan	0,083	0,042
douchemengkraan	0,083	0,042
bidetmengkraan	0,083	0,042
keukenmengkraan	0,167	0,083
badmengkraan	0,167	0,083
tapkraan 1/2 " (slangwartel)	0,167	-
tapkraan 1/4 " (slangwartel)	0,250	-
tapkraan 1 " (slangwartel)	0,500	-
toilet spoelkraan	0,833	-
urinoir spoelkraan	0,417	-

Voorbeeld van het aantal tapeenheden dat bij koud water opgeteld dient te worden bij de verschillende gelijktijdigheidklasse:

Gelijktijdigheidklasse	Bijtelling TE bij de koudwaterinstallatie
I	-
IIa	0,9
IIb	1,5
III	10,6

De aangegeven waarden zijn gebaseerd op de volumestromen van mengkranen volgens tabel 7.5. De bijtelling aan tapeenheden vindt als volgt plaats:

1. Stel de *gelijktijdigheidklasse* vast (I, IIa, IIb of III).
2. Bepaal met behulp van tabel 7.5 de *koud- en warmwatervolumestromen* van de mengkranen die betrekking hebben op de gekozen gelijktijdigheidklasse.
3. Stel de *watertemperatuur* vast van:
 - warm water nabij de mengkraan min. 60 °C
 - koud water nabij de mengkraan meestal 10 °C
 - mengwater uit de mengkranen, meestal:
 - keukenmengkraan 50 °C
 - douche mengkraan 40 °C
 - badmengkraan 40 °C
4. Bepaal de mengvolumenstromen uit de mengkranen met de formule:

$$q_{vm} = (q_{vw} \cdot (\theta_{vw} - \theta_k) / (\theta_m - \theta_k))$$

waarin:

q_{vm} = volumestroom mengwater in l/s;

q_{vw} = volumestroom mengwater in l/s;

θ_w = temperatuur warmwater in oC;



θ_k = temperatuur koudwater in °C;
 θ_m = temperatuur mengwater in °C;

5. Bepaal van de *gesommeerde mengvolumestromen* de tapeenheden.
Bepaal van dezelfde mengkranen de koudwatervolumestromen van de afzonderlijke tapeenheden en trek deze af van de berekende mengwater TE.
De aldus berekende waarde is de bijtelling aan tapeenheden. Bij uitkomst van een negatief getal is de bijtelling 0. Zie ook figuur 7.19-2.

7.10.2 Berekening van het drukverlies

Volgens het VEWIN-werkblad WB 2.1c zijn de volgende maximale *stroomsnelheden* toegestaan:

- voor koud- en warmwaterleidingen 2 m/s;
- wanneer geluidsoverlast beperkt moet blijven < 1 m/s;
- voor warmwatercirculatieleidingen < 0,7 m/s;

Het totale drukverlies in een installatie wordt bepaald door:

- het statische drukverlies;
- de stromingsverliezen (dynamisch drukverschil).

De *stromingsverliezen* zijn verder te splitsen in drukverlies door stroming in:

- rechte leidingen;
- plaatselijke weerstanden, zoals bochten, kranen en toestellen.

Het statisch drukverschil volgt uit:

$$\Delta p_{st} = \Delta p_w - \Delta p_h \text{ [kPa]}$$

waarin:

Δp_{st} = statische druk op het tappunt in kPa;

Δp_w = leveringsdruk waterleidingbedrijf in kPa;

Δp_h = drukverlies tengevolge van het hoogteverschil in kPa.

Bij berekening van drukverlies in drinkwaterinstallaties is het gebruikelijk om voor de plaatselijke weerstanden in bochten, afsluiters en dergelijke een percentage te nemen van de berekende leidingweerstand. Afhankelijk van de leidingconfiguratie van de installatie, kan het percentage variëren van 10 tot 40%. Het VEWIN-werkblad 2.1c geeft als gemiddelde 20% aan.



Berekeningenblad

1. Gelijktijdigheidklasse III:

gelijktijdig de keuken-, douche- en badmengkraan.

2. Volumestromen:

	warm	koud
- Keukenmengkraan	0,083 l/s,	0,167 l/s
- Douchemengkraan	0,042 l/s,	0,083 l/s
- Badmengkraan	0,083 l/s	0,167 l/s

3. Watertemperatuur

	koud	warm	gemengd
- Keukenmengkraan	10 °C	60 °C	50 °C
- Douchemengkraan	10 °C	60 °C	40 °C
- Badmengkraan	10 °C	60 °C	40 °C

4. Mengvolumestromen:

keukenmengkraan	$\{0,083 \times (60-10)\} / (50-10)$	= 0,104 l/s
douche	$\{0,42 \times (60-10)\} / (40-10)$	= 0,07 l/s
bad	$\{0,083 \times (60-10)\} / (40-10)$	= 0,138 l/s

5. Bijtelling:

Gesommeerde mengvolumestromen:

$$0,104 + 0,07 + 0,138 = 0,312 \text{ l/s}$$

Omgerekend naar tapeenheden:

$$(0,312/0,083)^2 = 14,1$$

Tapeenheden koud water van de afzonderlijke kranen:

keukenmengkraan	$q_k = (0,167/0,083)^2 =$	4
douchemengkraan	$q_k = (0,083/0,083)^2 =$	1
badmengkraan	$q_k = (0,137/0,083)^2 =$	<u>4</u>
opgesteld aan tapeenheden		9

Bijtelling volgt uit:

- Gesommeerde mengvolumestromen	
omgerekend naar tapeenheden	14,1
- Gesommeerde koudwatertapeenheden	<u>9</u>
bijtelling aan tapeenheden	5,1



Berekeningsblad

beschikbare voordruk		300 kPa
af: drukverlies watermeter	50 kPa	
hoogteverschil 9 m x 9,8 =	88 kPa	
benodigde gebruiksdruk toestel/tappunt	100 kPa	
totaal af		238 kPa

blijft voor leidingverliezen 62 kPa

leidinglengte tot tappunt	30 m
toeslag 20%	<u>6 m</u>
totale leidinglengte	36 m

beschikbaar per m buis $62 \text{ kPa} / 36 \text{ m} = 1,72 \text{ kPa}$

Met behulp van tabel 7.6 'Wrijvingsweerstand' van koperen buis kan de leidingmiddellijn worden bepaald:

deel	MMV	max. R	leidingmiddellijn
5	0,306 l/s	1,72 kPa	22/19,8 mw
4	0,242 l/s	1,72 kPa	22/19,8 mw
3	0,176 l/s	1,72 kPa	15/13 mw
2	0,059 l/s	1,72 kPa	12/10 mw
1	0,042 l/s	1,72 kPa	12/10 mw

Selectie heeft plaatsgevonden op toegestane snelheid in verband met geluidsoverlast. Op basis van toegestane drukverlies alleen kunnen vaak kleinere middellijnen worden gekozen.

Figuur 7.19-3

Voorbeeld bepaling leidingdoorsnede



Tabel 7.6a Wrijvingsweerstand van koperen buizen bij koudwatertemperatuur 10 °C

v	ø 10-12		ø 13-15		ø 19,8-22		ø 25,6-28		ø 32,4-35		ø 39,2-42		ø 51-54		ø 59-63		ø 76-80	
	q	R	q	R	q	R	q	R	q	R	q	R	q	R	q	R	q	R
0,1							0,0772	0,02	0,080	0,01	0,119	0,01	0,204	0,01	0,273	0,01	0,454	0,01
0,15					0,0603	0,05	0,103	0,03	0,121	0,01	0,179	0,01	0,306	0,01	0,410	0,01	0,680	0,01
0,2			0,0332	0,11	0,0754	0,07	0,129	0,05	0,161	0,02	0,239	0,02	0,409	0,01	0,547	0,01	0,907	0,01
0,25			0,0398	0,15	0,0905	0,09	0,154	0,06	0,201	0,04	0,299	0,03	0,511	0,02	0,684	0,02	1,134	0,01
0,3			0,0464	0,20	0,106	0,12	0,180	0,08	0,241	0,05	0,358	0,04	0,613	0,03	0,820	0,02	1,361	0,02
0,35	0,0275	0,28	0,0531	0,25	0,121	0,15	0,206	0,10	0,281	0,06	0,418	0,05	0,715	0,04	0,957	0,03	1,588	0,02
0,4	0,0314	0,34	0,0597	0,30	0,136	0,18	0,232	0,13	0,362	0,08	0,478	0,06	0,817	0,04	1,094	0,04	1,815	0,03
0,45	0,0353	0,42	0,0664	0,36	0,151	0,22	0,257	0,16	0,402	0,12	0,597	0,08	0,919	0,05	1,230	0,05	2,041	0,03
0,5	0,0393	0,50	0,0730	0,42	0,166	0,26	0,283	0,18	0,442	0,14	0,657	0,11	1,021	0,07	1,367	0,05	2,268	0,04
0,55	0,0432	0,60	0,0796	0,50	0,181	0,29	0,309	0,21	0,483	0,16	0,717	0,13	1,124	0,08	1,504	0,06	2,495	0,05
0,6	0,0471	0,70	0,0863	0,57	0,196	0,33	0,335	0,25	0,523	0,19	0,766	0,14	1,226	0,09	1,640	0,08	2,722	0,06
0,65	0,0511	0,79	0,0929	0,65	0,211	0,38	0,360	0,27	0,563	0,21	0,836	0,17	1,328	0,10	1,777	0,09	2,949	0,06
0,7	0,0550	0,90	0,0995	0,73	0,226	0,43	0,386	0,31	0,603	0,24	0,896	0,19	1,430	0,12	1,914	0,10	3,176	0,07
0,75	0,0589	1,02	0,106	0,81	0,241	0,48	0,412	0,34	0,643	0,26	0,956	0,21	1,532	0,13	2,051	0,11	3,402	0,08
0,8	0,0628	1,14	0,113	0,90	0,256	0,54	0,437	0,38	0,684	0,29	1,015	0,23	1,634	0,15	2,187	0,13	3,629	0,09
0,85	0,0668	1,27	0,119	0,99	0,272	0,60	0,463	0,42	0,724	0,32	1,075	0,26	1,736	0,17	2,324	0,14	3,856	0,10
0,9	0,0707	1,39	0,126	1,10	0,287	0,66	0,489	0,47	0,764	0,35	1,135	0,27	1,839	0,18	2,461	0,15	4,083	0,11
0,95	0,0746	1,53	0,133	1,20	0,302	0,72	0,515	0,51	0,804	0,28	1,195	0,30	1,941	0,20	2,597	0,17	4,310	0,12
1,0	0,0785	1,67	0,146	1,41	0,332	0,84	0,566	0,61	0,885	0,46	1,314	0,36	2,043	0,22	2,734	0,19	4,537	0,14
1,1	0,0864	1,97	0,159	1,64	0,362	0,98	0,618	0,71	0,965	0,53	1,434	0,42	2,247	0,26	3,007	0,22	4,990	0,16
1,2	0,0942	2,30	0,186	1,89	0,392	1,13	0,669	0,81	1,045	0,62	1,553	0,48	2,451	0,30	3,281	0,26	5,544	0,19
1,3	0,102	2,64	0,199	2,15	0,422	1,29	0,721	0,92	1,126	0,70	1,672	0,55	2,656	0,34	3,554	0,29	5,897	0,22
1,4	0,110	3,00	0,226	2,42	0,453	1,45	0,772	1,05	1,206	0,79	1,792	0,62	2,860	0,39	3,828	0,33	6,351	0,25
1,5	0,118	3,38	0,239	2,72	0,483	1,63	0,824	1,17	1,287	0,89	1,911	0,70	3,064	0,45	4,101	0,37	6,805	0,27
1,6	0,126	3,79	0,252	3,02	0,513	1,81	0,875	1,30	1,367	0,99	2,031	0,77	3,268	0,50	4,374	0,42	7,258	0,31
1,7	0,134	4,20	0,265	3,32	0,543	2,01	0,926	1,44	1,448	1,10	2,150	0,86	3,473	0,56	4,648	0,47	7,712	0,34
1,8	0,141	4,65	0,279	3,68	0,573	2,21	0,978	1,59	1,528	1,21	2,270	0,95	3,677	0,62	4,921	0,52	8,166	0,38
1,9	0,149	5,11	0,292	4,02	0,603	2,41	1,029	1,73	1,608	1,32	2,389	1,04	3,881	0,68	5,195	0,57	8,619	0,42
2,0	0,157	5,59	0,305	4,39	0,634	2,64	1,081	1,89	1,689	1,44	2,509	1,14	4,086	0,74	5,468	0,63	9,073	0,46
2,1	0,165	6,09	0,318	4,77	0,664	2,85	1,132	2,16	1,769	1,57	2,628	1,24	4,290	0,81	5,741	0,69	9,527	0,50
2,2	0,173	6,61	0,332	5,15	0,694	3,10	1,184	2,23	1,850	1,70	2,748	1,33	4,494	0,89	6,015	0,74	9,980	0,55
2,3	0,181	7,15	0,346	5,56	0,724	3,35	1,235	2,40	1,930	1,82	2,867	1,44	4,698	0,96	6,288	0,80	10,434	0,60
2,4	0,188	7,70	0,360	5,97	0,754	3,60	1,287	2,59	2,011	1,97	2,987	1,55	4,903	1,04	6,562	0,87	10,888	0,64
2,5	0,196	8,28	0,374	6,41	0,784	3,86	1,339	2,78	2,092	2,09	3,107	1,66	5,107	1,12	6,835	0,94	11,341	0,69

q = volumestroom in l/s

R = wrijvingsweerstand per meter in kPa

v = stroomsnelheid in m/s

ø 51-54 = in- en uitwendige diameter van de koperen buis.



Tabel 7.6b Wrijvingsweerstand van koperen buizen bij warmwatertemperatuur 60 °C

v	ø 10-12		ø 13-15		ø 19,8-22		ø 25,6-28		ø 32,4-35		ø 39,2-42		ø 51-54		ø 59-63		ø 76-80	
	q	R	q	R	q	R	q	R	q	R	q	R	q	R	q	R	q	R
0,1							0,077	0,01	0,080	0,01	0,119	0,01	0,204	0,01	0,273	0,01	0,454	0,01
0,15							0,103	0,02	0,121	0,01	0,179	0,01	0,306	0,01	0,410	0,01	0,680	0,01
0,2							0,129	0,04	0,161	0,02	0,239	0,01	0,409	0,01	0,547	0,01	0,907	0,01
0,25							0,154	0,05	0,201	0,03	0,299	0,02	0,511	0,01	0,684	0,01	1,134	0,01
0,3							0,180	0,06	0,241	0,04	0,358	0,03	0,613	0,02	0,820	0,02	1,361	0,01
0,35	0,0275	0,21					0,206	0,08	0,281	0,05	0,418	0,04	0,715	0,02	0,957	0,02	1,588	0,02
0,4	0,0314	0,26					0,232	0,10	0,322	0,06	0,478	0,05	0,817	0,03	1,094	0,03	1,815	0,02
0,45	0,0353	0,31					0,257	0,12	0,362	0,07	0,538	0,06	0,919	0,04	1,230	0,04	2,268	0,03
0,5	0,0393	0,38					0,283	0,14	0,402	0,09	0,597	0,07	1,021	0,05	1,367	0,04	2,268	0,03
0,55	0,0432	0,45					0,309	0,16	0,442	0,11	0,657	0,08	1,124	0,06	1,504	0,05	2,495	0,04
0,6	0,0471	0,52					0,335	0,19	0,483	0,12	0,717	0,10	1,226	0,07	1,640	0,06	2,722	0,04
0,65	0,0511	0,60					0,360	0,22	0,523	0,14	0,776	0,11	1,328	0,08	1,777	0,07	2,949	0,05
0,7	0,0550	0,68					0,386	0,24	0,563	0,16	0,836	0,13	1,430	0,09	1,914	0,08	3,176	0,06
0,75	0,0589	0,77					0,412	0,27	0,603	0,19	0,896	0,15	1,532	0,11	2,051	0,09	3,402	0,07
0,8	0,0628	0,86					0,437	0,30	0,643	0,21	0,956	0,16	1,634	0,12	2,187	0,10	3,629	0,07
0,85	0,0668	0,96					0,463	0,33	0,684	0,23	1,015	0,18	1,736	0,13	2,324	0,11	3,856	0,08
0,9	0,0707	1,06					0,489	0,37	0,724	0,26	1,075	0,20	1,839	0,15	2,461	0,12	4,083	0,09
0,95	0,0746	1,14					0,515	0,40	0,804	0,30	1,135	0,22	1,941	0,16	2,597	0,14	4,310	0,10
1,0	0,0785	1,28					0,566	0,47	0,885	0,36	1,314	0,28	2,247	0,21	2,734	0,15	4,537	0,11
1,1	0,0864	1,51					0,618	0,55	0,965	0,42	1,434	0,33	2,451	0,25	3,007	0,18	4,990	0,13
1,2	0,0942	1,77					0,669	0,64	1,045	0,49	1,553	0,38	2,656	0,28	3,281	0,21	5,544	0,15
1,3	0,102	2,03					0,721	0,72	1,126	0,56	1,672	0,44	2,860	0,31	3,554	0,24	5,897	0,18
1,4	0,110	2,32					0,772	0,82	1,206	0,63	1,792	0,50	3,064	0,36	3,828	0,27	6,351	0,20
1,5	0,118	2,62					0,824	0,93	1,287	0,70	1,911	0,59	3,268	0,40	4,101	0,30	6,805	0,23
1,6	0,126	2,93					0,875	1,04	1,367	0,79	2,031	0,62	3,473	0,45	4,374	0,34	7,258	0,26
1,7	0,134	3,27					0,926	1,15	1,448	0,87	2,150	0,69	3,677	0,50	4,648	0,38	7,712	0,29
1,8	0,141	3,62					0,978	1,27	1,528	0,96	2,270	0,76	3,881	0,55	4,921	0,42	8,166	0,31
1,9	0,149	3,99					1,029	1,40	1,608	1,06	2,389	0,83	4,086	0,61	5,195	0,46	8,619	0,34
2,0	0,157	4,36					1,081	1,52	1,689	1,16	2,509	0,91	4,290	0,66	5,468	0,51	9,073	0,37
2,1	0,165	4,77					1,132	1,65	1,769	1,26	2,628	0,99	4,494	0,71	5,741	0,56	9,527	0,41
2,2	0,173	5,18					1,184	1,79	1,850	1,36	2,748	1,08	4,698	0,78	6,015	0,61	9,980	0,45
2,3	0,181	5,61					1,235	1,93	1,930	1,47	2,867	1,17	4,903	0,84	6,288	0,66	10,434	0,48
2,4	0,188	6,05					1,287	2,08	2,011	1,59	2,987	1,26	5,107	0,91	6,562	0,70	10,888	0,52
2,5	0,196	6,52													6,835	0,76	11,341	0,56

q = volumestroom in l/s
R = wrijvingsweerstand per meter in kPa
v = stroomsnelheid in m/s
ø 51-54 = in- en uitwendige diameter van de koperen buis.