

BTO 2000.03

Ontwerprichtlijnen voor een vertakt leidingnet

Achtergrondinformatie bij SWE 99.011

"Nieuwe ontwerprichtlijnen voor distributienetten"

Opdrachtgever

Bedrijfstakonderzoek

Opdrachtnummer

111343.034

Auteurs

ing. G.A.M. Mesman, ir. E.A. Trietsch

Kennisgroep

Infrastructuur

Nieuwegein, december 2000

Kiwa N.V.

Onderzoek en Advies
Groningehaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein
Telefoon 030 60 69 511
Fax 030 60 61 165
Internet www.kiwa.nl

©2000 Kiwa N.V.

Niets uit dit drukwerk mag verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Kiwa N.V., noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd

Inhoud

SYMBOLENLIJST	4
SAMENVATTING	5
1 Inleiding	7
2 Ontwerpmethodiek	8
3 Berekeningsmethoden ter bepaling van de maximale momentane verbruiken	10
3.1 Toegepaste methoden	10
3.2 Vergelijking van de verschillende methoden	10
3.3 Conclusies	12
3.4 Aanbevelingen	12
4 Opzetten hoofdstructuur	13
4.1 Stappen bij het opzetten van de hoofdstructuur	13
4.2 Randvoorwaarden vaststellen	13
4.3 Ligging van meerzijdig gevoede hoofdleiding vaststellen	13
4.4 Nieuwe wijk globaal indelen in secties	14
4.5 Consequenties ontwerp	15
4.6 Bluswatercapaciteit	15
5 Secties	16
5.1 Indelen in secties	16
5.2 Bepalen aantal aansluitingen per leidingdiameter	16
5.3 Controleren op drukverlies	17
5.4 Voorbeeld	17
5.4.1 <i>Bepaling van de aansluitingen</i>	17
5.4.2 <i>Dimensionering van de diameters</i>	18
5.4.3 <i>Bepaling van het maximaal momentaan verbruik</i>	19
5.4.4 <i>Dimensionering van de diameters van leidingen</i>	19
5.4.5 <i>Bepaling van de drukval over de leidingen</i>	20
6 Bluswatervoorziening	22
6.1 Bluswatervoorziening inpassen	22
6.2 Controleren maximale capaciteit	22
LITERATUUR	23

SYMBOLENLIJST

D	: inwendige diameter van de leiding [m]
g	: gravitatieconstante 9,81 [m/s ²]
i	: aantal inwoners
k_N	: de wandruwheid volgens Nikuradse [m]
L	: lengte van een leiding [m]
n	: aantal inwoners of woningen
Δp	: wrijvingsverlies [Pa]
P	: gelijktijdigheidsfactor
R	: hydraulische straal [m]
Re	: Reynolds getal
$q_{g,i}$: gemiddeld verbruik per inwoner [m ³ /s]
$q_{g,w}$: gemiddeld verbruik per woning [m ³ /s]
q_m	: het dagelijks optredend maximaal momentaan verbruik [m ³ /s]
$q_{m,n}$: dagelijks optredend maximaal momentaan verbruik van n woningen [m ³ /s]
$q_{m,w}$: maximaal momentane volumestroom per woning [m ³ /s]
$q_{min,t}$: minimale volumestroom per tappunt(en) [m ³ /s]
q_v	: volumestroom [m ³ /s]
T	: temperatuur [°C]
TE	: aantal tapeenheden
\bar{u}	: de gemiddelde snelheid over het dwarsprofiel van een leiding [m/s]
WB	: woningbezetting (aantal inwoners per woning)
ρ	: dichtheid van de vloeistof [kg/m ³]
τ	: schuifspanning [N/m ²]
ν	: kinematische viscositeit [m ² /s]

SAMENVATTING

In de afgelopen jaren is veel onderzoek gedaan naar de oorzaak en preventie van bruin water. Dit onderzoek heeft concreet geresulteerd in drie maatregelen om bruin water te voorkomen:

1. het minimaliseren van de sedimenttoevoer af pompstation;
2. het voorkomen van het langdurig bezinken, incidenteel opwervelen en meevoeren van sediment in het leidingnet.
3. het periodiek schoonmaken van het leidingnet;

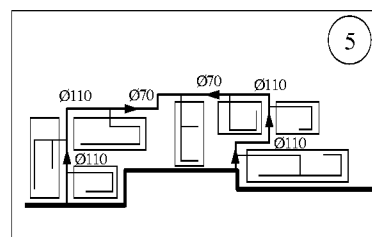
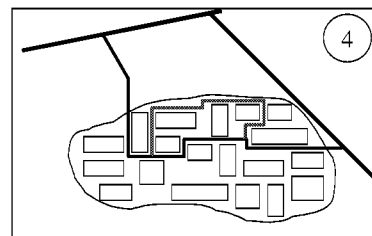
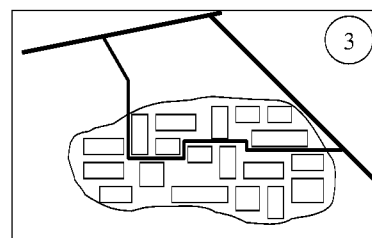
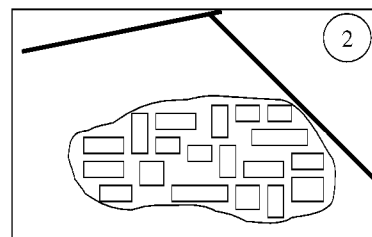
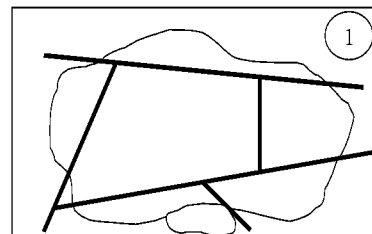
De ontwerpmethodiek die voortvloeit uit aanbeveling 2 is bondig verwoord in het rapport "SWE 99.011 – Nieuwe ontwerprichtlijnen voor distributienetten", waarin de ontwerpstappen aan de hand van een voorbeeld worden doorlopen. Essentie van de ontwerprichtlijnen is het ontwerpen van een vertakt drinkwaternet waarbij in een later stadium de bluswatervraag wordt ingepast.

De ontwerpstappen, waarvan de achtergrond in voorliggend rapport worden toegelicht, zijn:

- *Transport-infrastructuur controleren:*
Allereerst wordt bepaald of de bestaande transportleidingen in de regio voldoen als voeding van de nieuwe wijk (①). De druk nabij de wijk wordt berekend en als uitgangspunt gebruikt voor de voeding van de nieuwe wijk.
- *Lokaliseren en berekenen van de verbruiken in nieuwbouwwijk (②):*
De verbruiken worden gelokaliseerd, berekend en globaal geclusterd tot secties.

Voor het berekenen van het momentaan verbruik worden in hoofdstuk 3 vier verschillende berekeningsmethoden toegelicht en vergeleken. Opvalt dat de empirische methode [2] afwijkt van de andere methoden, zowel qua vorm als resultaat. Voor het ontwerpproces wordt de q_{in} -methode aanbevolen omdat deze het eenvoudigst in gebruik is.

- *Hoofdstructuur opzetten voor voeding nieuwbouwwijk (③):*
Wanneer het nieuw aan te leggen gebied te groot is om direct op de bestaande hoofdstructuur aan te leggen, kan de hoofdstructuur verder worden vermaasd (④) in de vorm van een ringstructuur.
- *Ontwerpen van vertakte leidingnetten (⑤):*
Het leidingnet in de secties wordt vervolgens vertakt ontworpen en aangesloten op de hoofd- of ringstructuur. De sectiegrootte wordt daarbij bepaald door de beschikbare drukval en door bedrijfsbeleid.



De leidingen worden gedimensioneerd op snelheid van 0,4 m/s bij een momentaan verbruik. Bij secties kleiner dan 500 aansluitingen wordt voor de berekening van het momentaan verbruik gebruik gemaakt van de q_n-methode.

- *Bluswatervoorzieningen inpassen:*
De bluswatervoorziening wordt ingepast in overleg met de brandweer. Een minimale bluswatereis van 30 m³/h wordt aangenomen voor bebouwing waarbij:
 - de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag meer dan één uur bedraagt;
 - geen buitengewone risicofactoren optreden.

In de meeste gevallen betreft dit woonhuizen, kleine winkels en kleine kantoren. Voor de overige bebouwing geldt in beginsel een bluswatereis van 60 m³/h of meer. De brandweer geeft uiteindelijk aan of in een ontwerp de brandbeveiliging voldoende is gewaarborgd.

Aan de hand van de bluswatereisen worden de brandkranen in het ontwerp ingepast, waarbij een dekkingscirkel wordt aangehouden van 40 m.

Het ontwerpen is een iteratief proces; bij het inpassen van bluswatervoorzieningen kan blijken dat het ontwerp aanpassingen behoeft, bijvoorbeeld opnieuw indelen van de secties.

1 Inleiding

Traditionele distributienetten worden ontworpen op een combinatie van drinkwatervraag en bluswatervraag. De incidenteel optredende bluswatervraag overtreft in veel situaties de reguliere drinkwatervraag met als gevolg lage stroomsnelheden en lange verblijftijden in de leidingen bij de reguliere drinkwatervraag.

Daarnaast worden leidingnetten veelal vermaasd ontworpen uit het oogpunt van leveringszekerheid en –continuïteit. Een vermaasd net leidt tot pendelend water en hiermee tot lange verblijftijden en lage snelheden. Bij dergelijke verblijftijden en snelheden treedt accumulatie van sediment op. Bij een incidenteel hogere afname door bijvoorbeeld het gebruik van een brandkraan, pieken in het drinkwaterverbruik of als gevolg van een storing, wordt het sediment opgewerveld en meegevoerd. De klant ervaart dit opwervelingsproces als bruin water.

In de afgelopen jaren is veel onderzoek gedaan naar de oorzaak en preventie van bruin water. Dit onderzoek heeft concreet geresulteerd in drie maatregelen om bruin water te voorkomen:

1. het minimaliseren van de sedimenttoevoer af pompstation;
2. het voorkomen van het langdurig bezinken, incidenteel opwervelen en meevoeren van sediment in het leidingnet.
3. het periodiek schoonmaken van het leidingnet;

De tweede maatregel wordt gerealiseerd met een zelfreinigend leidingnet. Eigenschappen van een zelfreinigend net zijn:

- een eenduidige stromingsrichting waardoor verblijftijden kort zijn;
- distributieleidingen met kleinere diameters en hogere snelheden waardoor de leidingen zelfreinigend zijn.

Het eindresultaat is een optimaal leidingnet waarbij de eisen en wensen van de verschillende gebruikers zo goed mogelijk op elkaar zijn afgestemd. Daarnaast leidt het toepassen van de nieuwe ontwerprichtlijnen tot een afname van de beheerinspanning omdat de netten zelfreinigend zijn. Doordat ten opzichte van conventionele leidingnetten de totale leidinglengte kleiner is en er leidingen met een kleinere diameter en minder afsluiters worden gelegd, worden op aanlegkosten besparingen gehaald die variëren tussen 10% en 30%.

Bij het inpassen van de bluswatervoorziening wordt rekening gehouden met de brandveiligheidseisen die aan de verschillende typen bebouwing worden gesteld.

Dit rapport biedt achtergrondinformatie bij het ontwerpen van distributienetten. In hoofdstuk 2 wordt ingaan op de ontwerpmethodiek in het algemeen, waarna in hoofdstukken 3 tot en met 6 het ontwerpproces in detail wordt doorlopen. In deze hoofdstukken worden respectievelijk de volgende onderwerpen behandeld:

- Maximale momentane verbruiken bepalen
- Hoofdstructuur neerzetten
- Voorzieningsgebied indelen in secties en controleren op drukverliezen
- Bluswatervoorziening inpassen en controleren op drukverliezen

2 Ontwerpmethodiek

Er is sprake van zelfreinigend vermogen wanneer sediment geen kans meer krijgt te accumuleren in het leidingnet. Dit vermogen wordt bereikt door in het ontwerp:

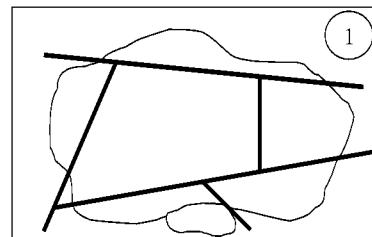
- te dimensioneren op een snelheid waarbij zelfreiniging optreedt;
- een eenduidige stromingsrichting te garanderen.

In het ontwerp van een zelfreinigend leidingnet wordt van de ontwerper maatwerk gevraagd op basis van de te verwachten afnames, mogelijkheden tot levering van bluswater en de beschikbare drukverliezen.

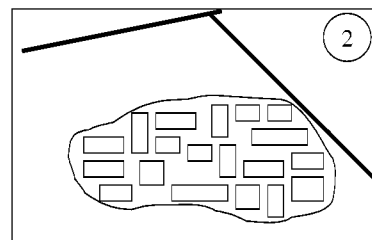
In dit hoofdstuk wordt het ontwerpproces kort toegelicht aan de hand van een aantal stappen. In elke stap zijn aannames gedaan, waarvan de basis in de volgende hoofdstukken wordt gegeven. Deze aannames worden per bedrijf en mogelijk per voorzieningsgebied bepaald en vastgelegd.

Het ontwerpproces kent de volgende stappen:

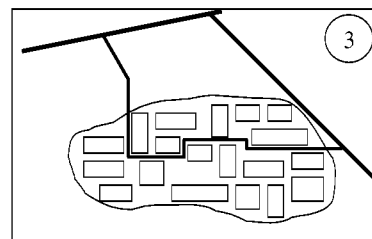
- *Transport-infrastructuur controleren:*
Allereerst wordt bepaald of de bestaande transportleidingen in de regio voldoen als voeding van de nieuwe wijk (①). De druk nabij de wijk wordt berekend en als uitgangspunt gebruikt voor de voeding van de nieuwe wijk.



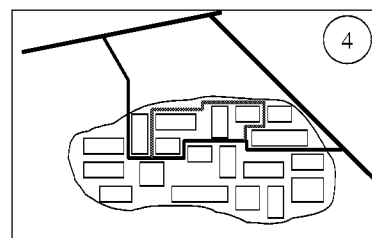
- *Lokaliseren en berekenen van de verbruiken in nieuwbouwwijk (②):*
De verbruiken worden gelokaliseerd, berekend en globaal geclusterd tot secties.



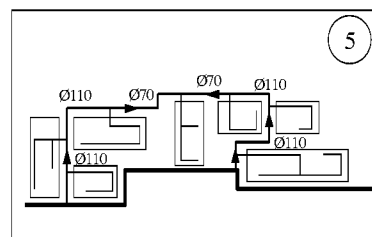
Voor het berekenen van het momentaan verbruik worden in hoofdstuk 3 vier verschillende berekeningsmethoden toegelicht en vergeleken. Opvalt dat de empirische methode [2] afwijkt van de andere methoden, zowel qua vorm als resultaat. Voor het ontwerpproces wordt de q_{in} -methode aanbevolen omdat deze het eenvoudigst in gebruik is.



- *Hoofdstructuur opzetten voor voeding nieuwbouwwijk (③):*
Wanneer het nieuw aan te leggen gebied te groot is om direct op de bestaande hoofdstructuur aan te leggen, kan de hoofdstructuur verder worden vermaasd (④) in de vorm van een ringstructuur.



- *Ontwerpen van vertakte leidingnetten (⑤):*
Het leidingnet in de secties wordt vervolgens vertakt ontworpen en aangesloten op de hoofd- of ringstructuur. De sectiegrootte wordt daarbij bepaald door de beschikbare drukval en door bedrijfsbeleid.
De leidingen worden gedimensioneerd op



snelheid van 0,4 m/s bij een momentaan verbruik. Bij secties kleiner dan 500 aansluitingen wordt voor de berekening van het momentaan verbruik gebruik gemaakt van de q_{in} -methode.

- *Bluswatervoorzieningen inpassen:*
De bluswatervoorziening wordt ingepast in overleg met de brandweer. Een minimale bluswatereis van 30 m³/h wordt aangenomen voor bebouwing waarbij:
 - de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag meer dan één uur bedraagt;
 - geen buitengewone risicofactoren optreden.

In de meeste gevallen betreft dit woonhuizen, kleine winkels en kleine kantoren. Voor de overige bebouwing geldt in beginsel een bluswatereis van 60 m³/h of meer. De brandweer geeft uiteindelijk aan of in een ontwerp de brandbeveiliging voldoende is gewaarborgd.

Aan de hand van de bluswatereisen worden de brandkranen in het ontwerp ingepast, waarbij een dekkingscirkel wordt aangehouden van 40 m.

De ontwerpstappen worden behandeld in de hoofdstukken 3 t/m 6.

3 Berekeningsmethoden ter bepaling van de maximale momentane verbruiken

3.1 Toegepaste methoden

In SWE 99.011 "Nieuwe ontwerprichtlijnen voor distributienetten" wordt voor de bepaling van het momentaan verbruik, gebruik gemaakt van de $q\sqrt{n}$ -methode. Naast deze methode worden echter nog andere methoden toegepast. De methoden die in dit rapport worden beschouwd, zijn:

1. de $q\sqrt{n}$ -methode volgens de VEWIN-werkbladen
2. de piekfactoren-methode
3. de gelijktijdigheidsfactor-methode
4. de empirische methode volgens Kiwa-mededeling 93 [2]

De vier methoden worden toegelicht in BIJLAGE 1.

De vraag werpt zich op welke methode het meest geschikt is voor het bepalen van het maximaal momentaan verbruik. In de volgende paragraaf worden de methoden vergeleken en wordt uitgelegd waarom in SWE 99.011 gekozen is voor de $q\sqrt{n}$ -methode.

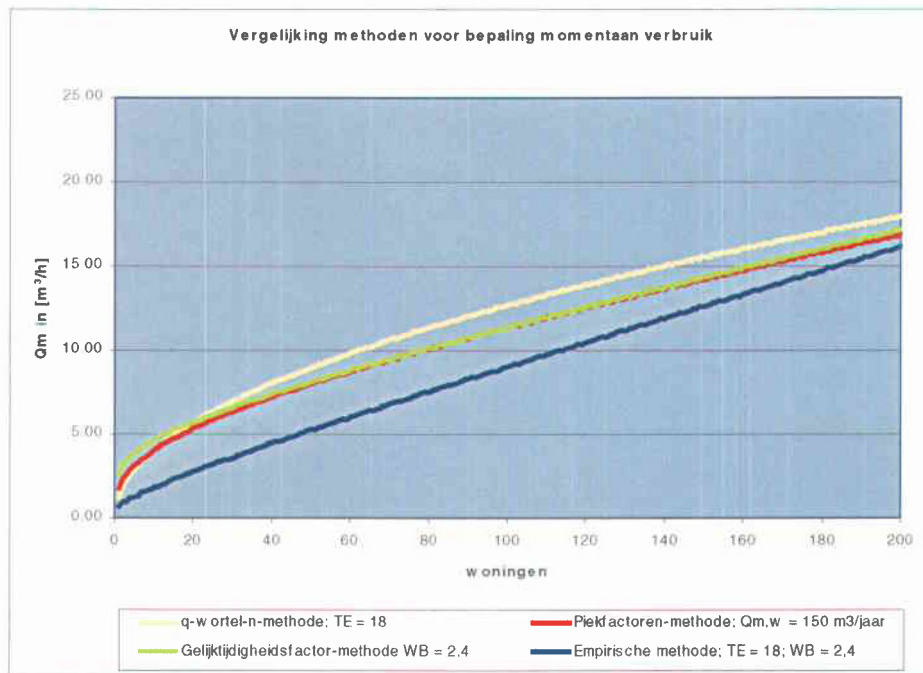
3.2 Vergelijking van de verschillende methoden

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de parameters en uitgangspunten die gebruikt zijn bij de verschillende methoden om maximale momentane verbruiken van woningen te bepalen. De nummers in de tabel komen overeen met de bovenstaande lijst.

tabel 1 Overzicht benodigde gegevens voor de verschillende berekeningsmethoden

Nr.	Benodigde gegevens	Kleine woning	Middelgrote woning	Grote woning
1	tapeenheden	TE = 12	TE = 18	TE = 22
2	gemiddeld jaarverbruik [m ³ /woning]	$q_v = 100$	$q_v = 150$	$q_v = 200$
3	gemiddeld piekverbruik [l/uur/inwoner] woningbezetting	$q_v = 20$ WB = 1,5	$q_v = 20$ WB = 2,4	$q_v = 20$ WB = 3
4	tapeenheden woningbezetting	TE = 12 WB = 1,5	TE = 18 WB = 2,4	TE = 22 WB = 3

In figuur 1 worden de vier methoden grafisch vergeleken, waarbij de middelgrote woning (TE = 18) als uitgangspunt is gekozen.



figuur 1 Vergelijking van de verschillende verbruikbepalingsmethoden

Onderstaand wordt een lijst van parameters opgesomd die nodig zijn bij het bepalen van het momentaan verbruik. Achter de parameter wordt vermeld voor welke methode de parameter van belang is:

- aantal woningen (1), (2), (3), (4)
- aantal tapeenheden (TE) per woning (1), (4)
- woningbezetting (4), (3)
- gemiddeld jaarverbruik per woning (2)
- gemiddeld piekverbruik per inwoner (3)

Een leiding wordt over het algemeen voor de lange termijn gelegd, bijvoorbeeld meer dan 50 jaar. Tijdens die 50 jaar zullen verbruik per woning en verbruik per inwoner wijzigen. Methoden 1 en 4 zijn onafhankelijk van het gemiddeld jaarverbruik per woning of het gemiddeld piekverbruik per inwoner en zijn daarom gemakkelijker in het gebruik.

Methoden 1 en 4 kennen het aantal woningen en het type woning als parameter; parameters die nagenoeg constant blijven. Het aantal woningen is op basis van het bestemmingsplan bekend en op basis van het type woning is het aantal tapeenheden redelijk in te schatten.

Zoals uit de grafiek blijkt, treedt bij gelijke invoerparameters een aanzienlijk verschil op tussen de $q\sqrt{n}$ -methode en de empirische methode (bij minder dan 200 aansluitingen).

Eerste onderzoeksresultaten wijzen erop, dat de empirische methode beter aansluit bij de werkelijk optredende belasting op een willekeurig moment. Voor ontwerpdoeleinden wordt evenwel de $q\sqrt{n}$ -methode aanbevolen, omdat deze de mogelijke maximumsituatie beschrijft.

3.3 Conclusies

- Uit figuur 1 blijkt dat de empirische methode uit Kiwa-mededeling 93 (1985) qua vorm afwijkt van de andere drie methoden. Tot ca. 200 aansluitingen treedt een lager momentaan verbruik op.
- Het verschil tussen de $q\sqrt{n}$ -methode, piekfactorenmethode en gelijktijdigheidsfactormethode is tot 35 aansluitingen klein maar neemt daarboven toe. Bij honderd aansluitingen is het verschil in het momentaan verbruik tussen de drie methodes maximaal, ca. 15%.

3.4 Aanbevelingen

- In principe kunnen zowel de $q\sqrt{n}$ -methode, de piekfactorenmethode als de gelijktijdigheidsfactormethode worden toegepast om de momentane verbruiken te bepalen. Voorstel is om één rekenmethodiek als standaard te kiezen binnen het gehele bedrijf, zodat discrepanties in ontwerpmethodieken worden voorkomen.
- Vanwege de mogelijk sterke verbruikswisseling per woning en aantal inwoners in de tijd, wordt aanbevolen om voor het ontwerp gebruik te maken van de $q\sqrt{n}$ -methode, die niet afhankelijk is van deze parameters. In BIJLAGE 2 worden de achtergronden van de $q\sqrt{n}$ -methode toegelicht.
- Onderzoek moet uitwijzen welke methode het meest geschikt is voor het bepalen van het maximaal momentaan verbruik.

4 Opzetten hoofdstructuur

4.1 Stappen bij het opzetten van de hoofdstructuur

Vanaf één of meer transportleidingen (of meerszijdig gevoede hoofdleidingen) wordt een hoofdstructuur aangelegd die de nieuwe wijk gaat voeden. Het opzetten van de hoofdstructuur kent aantal stappen:

- Randvoorwaarden vaststellen;
- Globaal clusteren van verbruiksstraten en –punten in secties;
- Ligging van hoofdleiding vaststellen;
- Bepalen van de aansluitpunten van secties op de hoofdleiding, waarbij in de leveringszekere hoofdleidingstructuur wordt gestreefd naar een eenduidige stromingsrichting.

Deze stappen worden in de volgende paragrafen nader toegelicht.

4.2 Randvoorwaarden vaststellen

Op regioniveau wordt bepaald wat de locatie is van het nieuw te bouwen gebied. Wanneer de locatie bekend is, wordt berekend of de huidige transportleidingen de extra vraag kunnen leveren en wat de te verwachten leveringsdruk is voor dat gebied. Deze leveringsdruk is een randvoorwaarde voor het ontwerp van de nieuwbouwwijk; kwantificeren van deze druk is dus van belang. De leveringsdruk hangt sterk af van de transportinfrastructuur. Om de druk te kunnen garanderen in de toekomst, worden mogelijke wijzigingen in de infrastructuur nagegaan. Voorbeelden van mogelijke wijzigingen zijn: verplaatsen van productiecapaciteiten en veranderingen in verbruik.

Indien niets bekend is, wordt binnen het bedrijf de vereiste minimumdruk in de hoofdleiding vastgesteld.

De aansluitingen van de meerszijdig gevoede hoofdleiding op de transportleidingen heten de voedingspunten. De hoofdleiding wordt, uit oogpunt van leveringscontinuïteit, op twee of meer punten aangesloten op de transportstructuur:

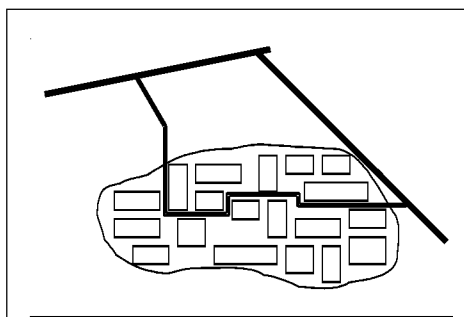
- Gebieden tussen 120 en 2000 aansluitingen worden tweezijdig gevoed;
- Gebieden met meer dan 2000 aansluitingen worden driezijdig gevoed.

Deze uitgangspunten zijn bedrijfsbepaald.

4.3 Ligging van meerszijdig gevoede hoofdleiding vaststellen

Het tracé van de hoofdleiding is afhankelijk van het uitbreidingsplan. Getracht wordt de leiding zo veel mogelijk door het zwaartepunt van de nieuwe wijk te leggen (zie figuur 2).

Bij de plaatsing van afsluiters in de hoofdleiding is de sectiegrootte van belang; bij het afsluiten van de hoofdstructuur mag niet meer dan één sectie zonder water worden gezet.

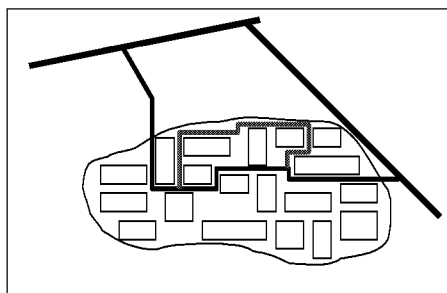


figuur 2 Opzetten hoofdstructuur

4.4 Nieuwe wijk globaal indelen in secties

In de wijk worden de aansluitingen globaal geclusterd tot secties op basis van de maximum sectiegrootte (zie paragraaf 5.1), het type van de aansluitingen en de eisen die gesteld worden aan de levering van water. In deze fase worden bijzondere verbruikers en hun eisen geïdentificeerd, bijvoorbeeld ziekenhuizen, winkelcentra, woningcomplexen, etc.

De secties worden gevoed via de meerzijdig gevoede hoofdstructuur of indien nodig via een ring, die wordt aangesloten op de hoofdstructuur (zie figuur 3).

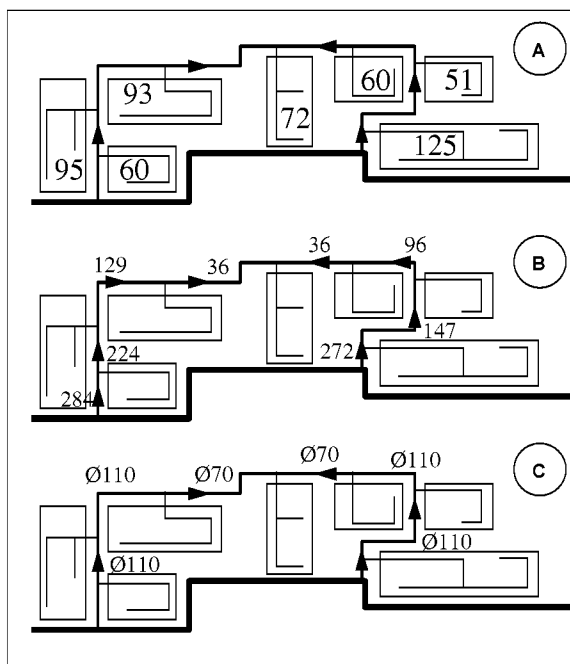


figuur 3 Voeding wijk door ringstructuur

De secties worden aangesloten op de hoofdstructuur of de ringstructuur. In dit voorbeeld is gekozen om een ringstructuur aan te leggen (figuur 4A). Om de gewenste stromingsrichting in de ringstructuur te bepalen wordt het middelpunt qua aantal aansluitingen gezocht op deze ringstructuur. In figuur 4A ligt dit punt bij 72 aansluitingen, in het midden van de ringstructuur.

De maximale volumestroom wordt nu voor zowel het linker als het rechter gedeelte bepaald aan de hand van het aantal aansluitingen en de q_n -methode.

Gekozen is voor een evenwichtige verdeling van het aantal aansluitingen, waardoor de kleinste diameter zo groot mogelijk is en de hydraulische capaciteit maximaal is bij éézijdig afsluiten.



figuur 4 Stromingsrichting en diameter bepalen

Bepaal per leidingsegment de volumestroom (figuur 4B), nadat een voorkeurstroomrichting is aangenomen. Sommeer vervolgens het aantal aansluitingen met de stroom mee en bereken het momentaan verbruik met behulp van de q_{in} -methode. De volumestroom wordt bepaald via de maximum uur- en dagfactoren, wanneer het gesommeerde aantal aansluitingen op de ringstructuur meer wordt dan bijvoorbeeld 500 woningen. Het aantal woningen waarbij wordt overgegaan van de q_{in} -methode op de maximum uur- en dagfactoren is bedrijfsafhankelijk.

De leidingdiameters worden vervolgens bepaald aan de hand van de volumestroom en de minimaal te realiseren snelheid van 0,4 m/s (figuur 4C). De weerstanden over de leidingen worden berekend en voor de secties worden de begindrukken bepaald.

4.5 Consequenties ontwerp

Wanneer een concept-ontwerp gereed is, wordt de capaciteit van de leidingen bepaald (zie paragraaf 4.4). Door de verdeling van clusters over de ringstructuur te wijzigen kan de dimensionering van de ringstructuur worden aangepast.

4.6 Bluswatercapaciteit

Bepaal tenslotte op de verst gelegen punten de bluswatercapaciteit voor de ringstructuur. Met andere woorden: wordt in alle omstandigheden de vereiste bluswatercapaciteit geleverd bij voldoende druk? In nieuwbouwwijken wordt veelal volstaan met een bluswatercapaciteit van 30 m³/h [4]. De leidingen worden verzwaaard, wanneer niet aan de bluswatereis wordt voldaan (zie paragraaf 4.5).

De laagst berekende druk in de hoofdstructuur is randvoorwaarde voor de sectieberekeningen (zie paragraaf 5.3).

5 Secties

5.1 Indelen in secties

De aansluitingen in een nieuwe wijk zijn bij het ontwerpen van de hoofdleiding globaal geclusterd tot secties met een bepaalde grootte. De sectiegrootte in een distributienet is vastgelegd door de volgende factoren:

- het aantal aansluitingen tussen twee afsluiters;
- de leidinglengte tussen twee afsluiters;
- het aantal afsluiters om een sectie te kunnen isoleren: een sectie bestaat uit een minimum aantal woningen dat in één keer kan worden afgesloten.

Bij elk waterleidingbedrijf zijn bovengenoemde factoren vaak historisch bepaald en de sectiegrootte varieert doorgaans tussen 60 en 120 aansluitingen. Factoren bij het bepalen van het optimale aantal aansluitingen in een sectie, zijn:

- kosten van de afsluiter;
- kosten van het onderhoud en beheer van de afsluiters;
- kosten van het afsluiten (afsluitermanipulaties);
- kosten van het aanzeggen van de klanten in een sectie bij afsluiting;
- frequentie van het afsluiten.

De grootte van secties en de wijze waarop deze worden gevoed is afhankelijk van het beleid van het waterleidingbedrijf. Aan de hand van dit beleid is de voeding van de secties als volgt gedefinieerd:

- Wijkgedeelten waarin het aantal aansluitingen kleiner is dan bijvoorbeeld 120 woningen, worden beschouwd als één sectie en worden **eenzijdig** gevoed;
- Wijkgedeelten waarin het aantal aansluitingen tussen bijvoorbeeld 120 en 2000 woningen ligt worden **tweezijdig** gevoed.

5.2 Bepalen aantal aansluitingen per leidingdiameter

Binnen een sectie is de structuur vertakt. Per leidingdiameter wordt het aantal woningen bepaald, waarbij voldaan wordt aan de voorwaarde dat bij het momentaan verbruik minimaal een snelheid optreedt van 0,4 m/s en maximaal 1,5 m/s (zie tabel 2).

tabel 2 Minimum en maximum aantal aansluitingen op een leidingdiameter volgens de $q\sqrt{n}$ -methode

Diameter (uitw/inw)	Kleine woning TE = 12	Gemiddelde woning TE = 18	Grote woning TE = 22
Ø 40/36	2 tot 28	2 tot 18	2 tot 15
Ø 50/45	5 tot 68	4 tot 45	3 tot 37
Ø 63/59	15 tot 211	10 tot 135	8 tot 110
Ø 70/65	22 tot 299	15 tot 199	12 tot 163
Ø 90/83	57 tot 797	38 tot 531	31 tot 434
Ø 110/101	124 tot > 800	83 tot > 800	68 tot > 800

Minder woningen aansluiten op een leidingdiameter, dan vermeld in de richtlijnen in tabel 2, resulteert in een snelheid lager dan 0,4 m/s en in een geringer zelfreinigend vermogen.

5.3 Controleren op drukverlies

Na het maken van een leidingnetontwerp worden de volgende twee situaties gecontroleerd:

1. Wordt bij het laatste huis in een sectie voldaan aan de vereiste leveringsdruk?
2. Kan op elke brandkraan de vereiste bluswatervraag worden geleverd?

Deze twee controles worden ondersteund met leidingnetberekeningen. Deze berekeningen worden gemaakt met de formules van Darcy-Weisbach en Colebrook-White om het drukverlies over één enkele leiding te bepalen. In BIJLAGE 3 zijn de formules beschreven.

De moeilijkheid bij het bepalen van de drukverliezen in een sectie is dat de volumestroom niet lineair toeneemt met het aantal aansluitingen. Daarom is het noodzakelijk om alle leidingdelen tussen de aansluitingen apart te berekenen. Dit betekent dat op een sectie van 60 (groepen van) aansluitingen 60 leidingdelen worden doorgerekend. Om het rekenproces te vereenvoudigen is door Kiwa een aantal spreadsheets ontwikkeld.

In het volgende voorbeeld wordt uitgegaan van een aantal randvoorwaarden en eisen, die van invloed zijn op het ontwerp, bijvoorbeeld de maximaal toelaatbare snelheid en de einddruk bij de klant. De waterleidingbedrijven kunnen naar believen deze uitgangspunten veranderen.

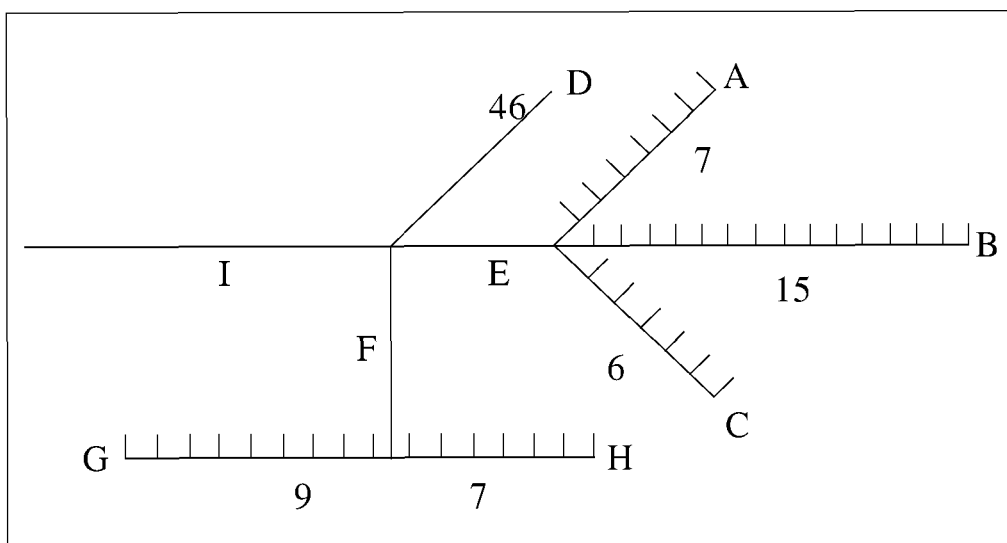
In de volgende paragraaf wordt een voorbeeldsectie uitgewerkt (zie bijlage 4).

5.4 Voorbeeld

5.4.1 Bepaling van de aansluitingen

Om te berekenen wat de drukval over een sectie is, wordt per leidingtraject de weerstand bepaald en wordt vervolgens tegen de stroming in de totale drukval berekend. Met de drukval over de sectie wordt bepaald wat de einddruk wordt bij een gegeven voordruk of wat de voordruk wordt bij een gegeven einddruk.

Als voorbeeld wordt een sectie beschouwd. De layout hiervan is weergegeven in figuur 5.



figuur 5 Voorbeeld van een sectie in een nieuwbouwwijk

Aan het einde van elke leiding is vermeld hoeveel aansluitingen op die leiding zitten. Ter vereenvoudiging wordt verondersteld dat op de leidingen A, B, C, G en H de aansluitingen met een onderlinge afstand van 10 meter gelijkmatig verdeeld zijn. Leidingtraject A heeft bijvoorbeeld een lengte van 7 (aansluitingen) maal 10 m = 70 m.

Uitzonderingen in dit voorbeeld zijn de verzamelleidingen E, F en I die respectievelijk een lengte hebben van 100, 100 en 500 m. Verder is bij leiding D sprake van slechts één aansluiting, te weten een flatgebouw, met een verbruik overeenkomstig 46 aansluitingen.

5.4.2 Dimensionering van de diameters

Bij gelijkmatig verdeelde aansluitingen is de volumestroom niet constant over de leidinglengte, waardoor de drukval per leidingsegment verschillend van grootte is. Een leidingsegment is in dit geval gedefinieerd als de leiding tussen twee aansluitingen. Om de totale drukval over een leiding te bepalen wordt derhalve voor elke leidingsegment de drukval bepaald en gesommeerd. Om de drukval voor een segment te bepalen, wordt eerst de volumestroom door dat segment bepaald.

De diameters van de leidingen worden zodanig gedimensioneerd dat de snelheid in elke leiding minimaal 0,4 m/s bedraagt en maximaal 1,5 m/s. In tabel 3 is weergegeven bij hoeveel aansluitingen een leidingtraject van diameter veranderen om binnen deze randvoorwaarden te blijven.

Bij het ontwerpen wordt gekozen uit twee opties:

- Minimaliseren totale drukval: onder de randvoorwaarde van 0,4 m/s zo snel mogelijk overgaan op een grotere diameter;
- Minimaliseren diameter/kosten: zo lang mogelijk door blijven gaan op een kleine diameter, waarbij de leidingen zó worden gedimensioneerd dat de maximale snelheid in de leidingen de bovengrens van 1,5 m/s benadert.

In de praktijk zal vaak gekozen worden voor een tussenoplossing.

tabel 3 Toepasbare leidingdiameters bij 22 tapeenheden

Diameter (uitw/inw)	Grote woning TE = 22	
	Minimum aantal aansluitingen	Maximum aantal aansluitingen
Ø 40/36	2	15
Ø 70/65	12	163
Ø 110/101	68	800

Om de drukval over een leiding te berekenen, wordt eerst het verbruik op die leiding berekend met behulp van de $q\sqrt{n}$ -methode.

Bij de hier gepresenteerde drukverliesberekeningen is uitgegaan van:

- de $q\sqrt{n}$ -methode als berekeningsmethode voor momentane verbruiken (zie vgl. 2.3)
- aansluitingen gelijkmatig om de 10 meter
- het aantal tapeenheden TE = 22
- een wandruwheid $k_N = 0,1$ mm
- een temperatuur van het drinkwater in leidingen T = 10 °C

5.4.3 Bepaling van het maximaal momentaan verbruik

Voor leiding A varieert het verbruik tussen 1,40 m³/h (overeenkomstig 1 aansluiting) aan het begin van de leiding en maximaal 3,71 m³/h (overeenkomstig 7 aansluitingen) aan het einde.

In vergelijking 5.1 is de berekening weergegeven van het verbruik voor 7 aansluitingen:

$$q_m = 0,083 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{n} \cdot \sqrt{TE_w} = 0,083 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{7} \cdot \sqrt{22} \quad (5.1)$$

en dus $q_m = 1,03 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 3,71 \text{ m}^3/\text{h}$.

Deze methodiek wordt vervolgens toegepast op alle overige leidingen met een over de lengte verdeeld verbruik. Met deze verbruiken wordt vervolgens, met behulp van tabel 3, de leidingdiameter bepaald.

5.4.4 Dimensionering van de diameters van leidingen

Voor de bepaling van de diameter voor de leidingsegmenten kan gebruik worden gemaakt van twee methoden:

1. Berekenen van de diameter
2. Bepalen van de diameter met behulp van tabel 3

ad 1. Bereken eerst het maximaal momentaan verbruik met behulp van vergelijking 5.1 en vervolgens de diameter om de minimumsnelheid van 0,4 m/s te realiseren. Ook wordt de diameter bepaald met als randvoorwaarde een maximum snelheid van 1,5 m/s. De uiteindelijke diameter ligt tussen deze twee diameters in en wordt afgerond op een in de praktijk voorkomende leidingdiameter.

ad 2. Bepaal het aantal aansluitingen en lees in tabel 3 af welke leidingdiameter benodigd is. Met behulp van een door Kiwa ontwikkelde spreadsheet ("Ontwerpgrafiek") worden de gegevens voor een dergelijke tabel gegenereerd.

In dit voorbeeld wordt voornamelijk gebruik gemaakt van tabel 3. Uit de tabel volgt dat bij 7 aansluitingen de uitwendige leidingdiameter op Ø40 mm wordt gedimensioneerd en dat de diameter over de gehele lengte hetzelfde is.

Voor leiding B zijn twee keuzes mogelijk:

- tot 12 aansluitingen een leidingdiameter van Ø40 mm toepassen en tussen 12 en 15 aansluitingen overgaan op een diameter van Ø70 mm (lage snelheid en kleine drukval);
- tot en met 15 aansluitingen een leidingdiameter van Ø40 mm toepassen (hoge snelheid en grote drukval, daarentegen kleinere diameter en minder kosten).

De snelheid, drukgradiënt en drukval in leidingtraject B is afhankelijk van de gekozen diameters. In het vervolg van dit voorbeeld gaat de voorkeur uit naar de minimale drukval en daarmee een zo groot mogelijk leidingdiameter. De maximale drukval wordt weergegeven (tussen haakjes) in tabel 5.

De diameterbepaling voor leidingen C, G en H is gelijk aan die van leiding A en resulteert in een leidingdiameter van Ø40 mm voor alle leidingen.

Aan het einde van de leidingtraject D ligt een flatgebouw met 46 aansluitingen. Doordat de totale afname aan het einde van de leiding is geconcentreerd, is de diameter over de gehele lengte constant. Uit tabel 3 volgt dat voor 46 aansluitingen een diameter benodigd is van Ø70 mm.

Leidingen E, F en I zijn verzamelleidingen, wat wil zeggen dat op de leidingen zelf geen verbruik zit. De volumestroom is gelijk aan het maximum momentaan verbruik benedenstrooms en is respectievelijk 7,42 m³/h, 5,61 m³/h en 13,30 m³/h.

5.4.5 Bepaling van de drukval over de leidingen

Bij gelijkmatig verdeelde aansluitingen is de volumestroom niet constant over de leidinglengte, waardoor de drukval per leidingsegment van 10 meter verschillend van grootte is. Om de totale drukval over een leiding te bepalen wordt derhalve voor elke leidingsegment de drukval bepaald en gesommeerd.

Als voorbeeld wordt voor leiding A per leidingsegment de drukval berekend met vergelijking 3.1. Per segment neemt de volumestroom toe met het verbruik van één aansluiting.

De totale weerstand over leiding A bedraagt 1,78 mwk oftewel 17,4 kPa. De resultaten zijn weergegeven in tabel 4.

tabel 4 Drukverlies per leidingsegment

Segment	L (m)	q _m (m ³ /h)	ΔH (mwk)	ΔH (kPa)	Σ ΔH (kPa)
1	10	1,40	0,07	0,7	0,7
2	10	1,98	0,13	1,3	2,0
3	10	2,43	0,20	1,9	3,9
4	10	2,80	0,26	2,5	6,4
5	10	3,13	0,32	3,1	9,5
6	10	3,43	0,37	3,7	13,2
7	10	3,71	0,43	4,2	17,4

In BIJLAGE 4 is per sub-sectie uitgerekend wat de drukverliezen zijn. In tabel 5 wordt per leiding het aantal aansluitingen, de lengte, de afname aan het einde van de leiding en de drukval aangegeven.

tabel 5 Drukverlies over de leidingen

Leiding	n	D _{inw} [mm]	L [m]	q _m ·10 ⁻³ [m ³ /s]	Δp _{min} [kPa]	Δp _{max} [kPa]
A	7	36	70	1,03	17,4	-
B	15	36-65	150	1,51	41,7	71,6
C	6	36	60	0,95	13,2	-
D	46	65	460	2,64	58,5	-
E	28	65	100	2,06	8,0 (49,7)	8,0 (79,6)
F	16	65	100	1,56	32,4 (4,8)	-
G	9	36	90	1,17	27,6	-
H	7	36	70	1,03	17,4	-
I	90	65-101	500	3,69	13,2 (79,6)	119,8 (199,3)

De drukval per leiding (Δp) is weergegeven als de minimale drukval en maximale drukval en is afhankelijk van de gekozen ontwerpoptie (respectievelijk minimalisatie drukval of minimalisatie materiaalkosten).

Van de drie leidingen die benedenstrooms liggen van leiding E, is leiding B, met een minimale drukval van 41,6 kPa, maatgevend ten opzichte van leidingen A en C (zie BIJLAGE 4).

Van de drie leidingtrajecten die uitkomen op leiding I kunnen zowel leiding D als leiding E maatgevend zijn. Welke leiding maatgevend is hangt af van de gekozen ontwerpoptie voor leiding B.

De weerstand over leiding E is maatgevend (79,6 kPa) wanneer voor leiding B wordt gekozen voor een constante, inwendige diameter van $\text{Ø}36$ mm. Wanneer echter voor B een leidingdiameter van $\text{Ø}70$ mm wordt gekozen is de weerstand over leiding D maatgevend met 58,5 kPa tegenover 49,7 kPa weerstand over leiding E.

De uiteindelijke *minimale drukval* over de gehele sectie is gelijk aan de minimale drukval over leiding I (13,2 kPa) plus de drukval over leidingsectie D (58,5 kPa) en bedraagt 71,8 kPa. De uiteindelijke *maximale drukval* over de gehele sectie is gelijk aan de maximale drukval over leiding I (119,7 kPa) plus de drukval over leidingsectie E (79,6 kPa) en is 199,3 kPa.

6 Bluswatervoorziening

6.1 Bluswatervoorziening inpassen

Bij afronding van het leidingnetontwerp op basis van het momentaan verbruik worden de brandkranen ingepast. Via dekkingscirkels, met doorgaans een straal van 40 tot 50 m, worden de brandkranen zó ingepast dat alle woningen en panden worden gedekt. Het inpassen van brandkranen in een ontwerp is een creatief proces waarbij vele oplossingen mogelijk zijn.

Recente ontwikkelingen binnen de bedrijfstak laten zien dat in goed overleg met de brandweer de bluswatervraag wordt afgestemd op de eisen die moderne woningen hieraan stellen [4]. Voor nieuwbouwwoningen zonder buitengewone risicofactoren, en met een weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag van 60 minuten, wordt de bluswatereis gereduceerd van 60 m³/h naar 30 m³/h. Deze aanpassing van de bluswatervraag maakt het mogelijk brandkranen te plaatsen op kleinere leidingdiameters zoals 50 mm, 63 mm en 75 mm PVC-leidingen.

Wanneer bepaalde leidingen in het drinkwaterontwerp door het inpassen van een bluswatervraag niet meer zelfreinigend zijn bij drinkwaterverbruik, zullen voor deze segmenten aanvullende beheermaatregelen worden opgesteld. Of daadwerkelijk beheermaatregelen nodig zijn wordt in de praktijk onderzocht.

6.2 Controleren maximale capaciteit

De benodigde capaciteit van een brandkraan hangt af van de eisen van de regionale brandweer. In bepaalde gevallen zal de benodigde capaciteit het maximale momentaan verbruik overstijgen en blijkt uit weerstandsberekeningen dat de weerstand over de aanvoerleidingen te groot wordt, zodat bij een gegeven voordruk de einddruk te laag wordt.

Bij onvoldoende capaciteit wordt een keuze gemaakt uit de volgende opties:

- a. De leiding wordt groter gedimensioneerd, dan hetgeen volgt uit de ontwerp-richtlijnen; het overdimensioneren leidt tot lagere snelheden dan 0,4 m/s in diezelfde leiding. De te lage snelheden zijn aanleiding voor sedimentatie met bijbehorende waterkwaliteitsproblemen. Maatregelen, zoals regelmatig spuien van de leiding kunnen afname van de waterkwaliteit voorkomen;
- b. De brandkraan wordt geplaatst op een andere leiding waarvan de capaciteit wel toereikend is. Door brandkranen te verplaatsen is het mogelijk dat de dekking niet meer optimaal is en op andere leidingen extra brandkranen moeten worden geplaatst;

Wanneer de bluswatercapaciteit in een ontwerp niet wordt gehaald, kan het waterbedrijf in overleg met de brandweer alternatieve bluswatervoorzieningen aanleggen.

LITERATUUR

- [1] M. van den Boomen en J.H.G. Vreeburg, Nieuwe ontwerprichtlijnen voor distributienetten, SWE 99.011, Kiwa, 1999
- [2] Werkgroep momentane waterverbruiken van de Commissie Distributie van het Kiwa, Maximum momentane waterverbruik, Kiwa-mededeling 93, 1985, p. 23-35
- [3] Normcommissie 349 27 Drinkwaterinstallatie-eisen, Algemene voorschriften voor drinkwaterinstallaties (AVWI – 1981), NEN 1006, 1981, werkblad 2.1
- [4] J.H.G. Vreeburg, Drinkwater en bluswater: een stevige relatie, KOA 99.163, Kiwa, 1999

BIJLAGE 1 Methoden ter berekening van momentane verbruiken

De $q\sqrt{n}$ -methode

De $q\sqrt{n}$ -methode wordt in de *Algemene voorschriften voor drinkwaterinstallaties, werkblad 2.1* gepresenteerd voor het berekenen van de maximaal optredende volumestroom van een drinkwaterinstallatie met verschillende tappunten. De $q\sqrt{n}$ -methode gaat er van uit dat de kans op het gelijktijdig optreden van volumestromen van tappunten afneemt naarmate er meer tappunten op een drinkwaterinstallatie zijn aangesloten. Immers, niet alle kranen zullen tegelijkertijd worden bediend. De $q\sqrt{n}$ methode wordt gebruikt voor het bepalen van de maximale volumestroom van bijvoorbeeld woonhuizen, kantoren en winkelcentra:

$$q_m = 0,083 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\sum TE} \quad (I.1)$$

De tapeenheid TE is een rekeneenheid voor de bepaling van de maximale momentane volumestroom van tappunten en toestellen. 1 TE wordt gelijkgesteld aan een volumestroom van $0,083 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$. Het aantal tapeenheden in een gebouw, bijvoorbeeld een gemiddelde woning, worden berekend met behulp van een tabel overeenkomstig tabel 6.

tabel 6 Tapeenheden voor verschillende tappunten (voor een gemiddelde woning)

tappunten per woning	aantal tapeenheden TE [-]
Toilet 1	0,25
Toilet 2	0,25
Fonteinkraan 1	0,25
Fonteinkraan 2	0,25
Keukenmengkraan	4
Vaatwasmachine	4
Bad/douchemengkraan	4
Wastafelkraan	1
Wasmachinekraan	4
Buitengevelkraan	4
Totaal	22

Aanbevolen wordt de buitengevelkraan niet mee te nemen in berekeningen, omdat het gebruik hiervan onregelmatig plaatsvindt. Het totaal aantal tapeenheden voor een middelgrote woning wordt daarmee 18.

Een woonwijk of een leidingsectie wordt gezien als één grote binneninstallatie waarbij iedere kraan in iedere woning een afzonderlijk tappunt is. Het totaal aantal tapeenheden is gelijk aan het aantal woningen n vermenigvuldigd met het aantal tapeenheden per woning.

$$\sum TE = n \cdot TE_w \quad (1.2)$$

Het momentaan verbruik van meerdere woningen wordt op deze wijze berekend volgens vergelijking 1.3, waarbij uitgegaan wordt van een tapeenheid gelijk aan $0,083 \text{ l/s} = 0,083 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$.

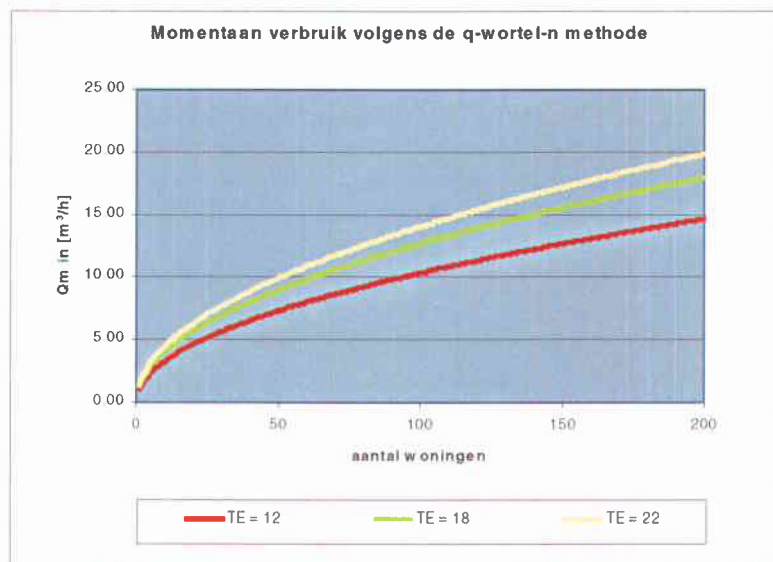
$$q_{m,n} = 0,083 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{n} \cdot \sqrt{TE_w} \quad (1.3)$$

Voor de mathematische achtergronden van de $q\sqrt{n}$ -methode wordt verwezen naar de *Algemene voorschriften voor drinkwaterinstallaties* [3].

Het aantal tapeenheden TE is afhankelijk van het type woning en varieert tussen 12 en 22. Voor drie type woonhuizen is het momentaan verbruik, berekend met de $q\sqrt{n}$ -methode, in figuur 6 grafisch weergegeven.

tabel 7 *Uitgangspunten bij de berekening van het momentaan verbruik*

	aantal tapeenheden per woning
kleine woning	12
gemiddelde woning	18
grote woning	22



figuur 6 *Momentaan verbruik volgens de $q\sqrt{n}$ -methode voor drie typen woningen weergegeven*

De piekfactoren-methode

De piekfactoren-methode geldt voor het momentaan verbruik van n woningen en is als volgt gedefinieerd:

$$q_{m,n} = (n^{-2/3} \cdot 100 + 2) \cdot n \cdot q_{g,w} \quad (I.4)$$

De factor $n^{-2/3} \cdot 100 + 2$ wordt de piekfactor (p_f) genoemd. Vergelijking I.4 is te schrijven als:

$$q_{m,n} = p_f \cdot n \cdot q_{g,w} \quad (I.5)$$

Het momentaan verbruik van n woningen is nu uitgedrukt als een factor maal het gemiddelde verbruik van n woningen. Wanneer het aantal woningen erg groot wordt nadert de piekfactor 2 (zie tabel 8).

tabel 8 Berekening piekfactor volgens piekfactoren-methode

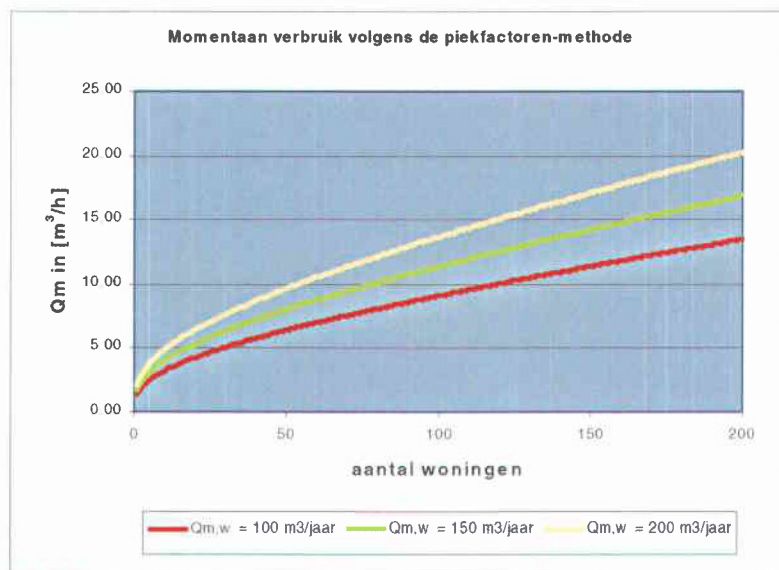
n	piekfactor p_f
1	102
10	24
100	7
1000	3
10000	2

Het gemiddelde jaarverbruik per woning is een maat voor het type woning. De woningbezetting wordt gebruikt voor het bepalen van het gemiddeld verbruik van een woning.

In figuur 7 is het momentaan verbruik berekend met de piekfactoren-methode grafisch weergegeven.

tabel 9 Uitgangspunten piekfactoren-methode

	gemiddeld jaarverbruik [m ³]
kleine woning	100
gemiddelde woning	150
grote woning	200



figuur 7 Momentaan verbruik volgens de piekfactoren-methode

De gelijktijdigheidsfactor-methode

Deze methode gaat uit van een gelijktijdigheidsfactor P die gerelateerd is aan het aantal inwoners i en wordt vermenigvuldigd met het gemiddeld maximum verbruik per dag:

$$P = 1 + \frac{110}{i^{0.8}} \quad (I.6)$$

en

$$q_m = P \cdot i \cdot q_{g,i} \quad (I.7)$$

Met 20 l/h als gemiddeld maximum verbruik per persoon ($i=1$) wordt $P = 111$ en $q_m = 2.220$ l/h (= 2,22 m³/h).

Voor 1000 personen wordt $P = 1,44$ en $q_m = 28,8$ m³/h.

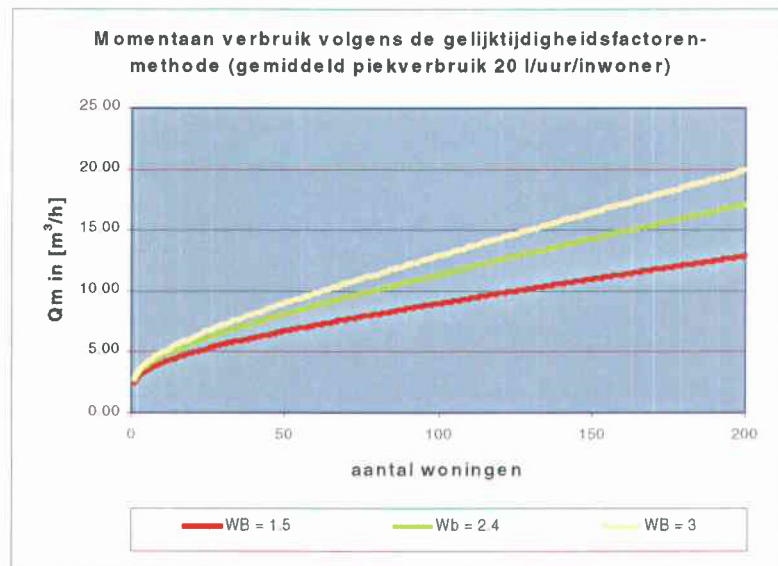
Het momentaan verbruik volgens de gelijktijdigheidsfactor-methode is grafisch weergegeven in figuur 3. De uitgangspunten voor deze figuur zijn weergegeven in tabel 10.

tabel 10 Uitgangspunten gelijktijdigheidsfactormethode

Uitgangspunten	gemiddeld piekverbruik per inwoner [l/h]	woningbezetting [aantal inwoners per woning]
kleine woning	20	1,5
gemiddelde woning	20	2,4
grote woning	20	3,0

Bij één inwoner wordt de gelijktijdigheidsfactor 111 en daarmee het verbruik van één inwoner 2,22 m³/h. Op bepaalde momenten mogen pieken in het verbruik worden verwacht, die 111 keer hoger zijn dan het gemiddeld verbruik.

Naarmate het aantal inwoners op een vertakte sectie toeneemt zal de gelijktijdigheidsfactor asymptotisch afnemen tot P = 1 en zal het momentaan verbruik afnemen tot het gemiddelde totale verbruik. Om een indruk te geven van de afname: bij i = 1.000 inwoners is de piekfactor P = 1,44 en bij i = 10.000 inwoners geldt P = 1,07.



figuur 8 Momentaan verbruik volgens de gelijktijdigheidsfactormethode

De empirische methode

In Kiwa-mededeling 93 [2] worden op basis van metingen formules aanbevolen voor de berekening van het momentaan verbruik van woongebouwen, kantoren, sportcomplexen, bejaarden- en verpleegtehuizen. In de Kiwa-mededeling wordt geadviseerd deze methode toe te passen vanaf 100 tapeenheden (= circa 5 woningen).

Hier wordt alleen ingegaan op de berekening voor woongebouwen met individuele bemetering. Voor de overige verbruiksberoeeningen wordt verwezen naar Kiwa-mededeling 93.

Voor woonhuizen met een individuele bemetering geldt dat:

$$q_{m,w} = \frac{0,378 + 0,061 \cdot \sqrt{\Sigma TE} + 0,0014 \cdot \Sigma TE \cdot WB}{3600} \quad (I.8)$$

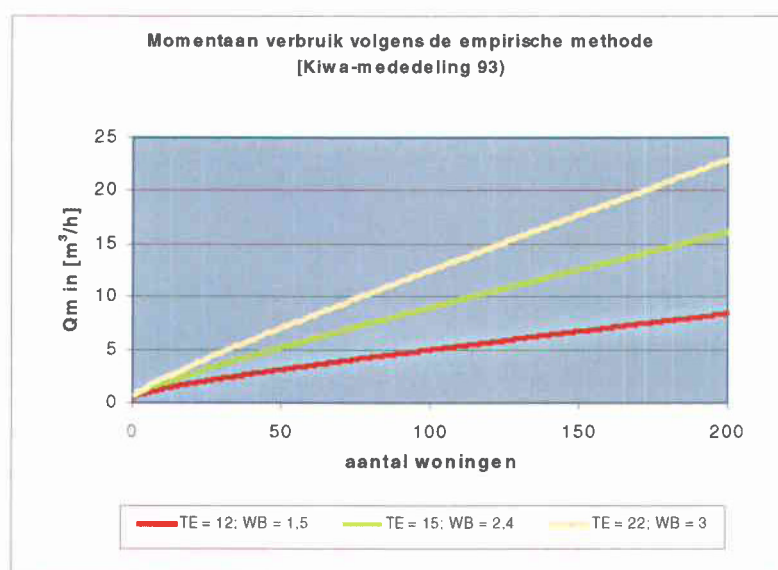
Voor de toepassing van deze formule voor n woningen wordt in de mededeling geen uitspraak gedaan. Om deze formule te kunnen vergelijken met de hiervoor genoemde methoden wordt aangenomen dat meerdere woningen te vergelijken zijn met een grote woning waarbij meerdere tapeenheden aanwezig zijn ($\Sigma TE = n \cdot TE$).

$$q_{m,n} = \frac{0,378 + 0,061 \cdot \sqrt{n \cdot TE} + 0,0014 \cdot n \cdot TE \cdot WB}{3600} \quad (I.9)$$

Het momentaan verbruik berekend met de empirische methode is grafisch weergegeven in figuur 9.

tabel 11 Uitgangspunten empirische methode

Uitgangspunten	aantal tapeenheden per woning, TE [-]	woningbezetting [inwoners /woning]
kleine woning	12	1,5
gemiddelde woning	18	2,4
grote woning	22	3



figuur 9 Momentaan verbruik volgens de empirische methode

BIJLAGE 2 ACHTERGROND EN AFLEIDING Q^{√N}-METHODE

Definities [3]

Maximum momentane volumestroom: grootste te verwachten volumestroom berekend met een bepaalde methodiek (q^{√n}-formule). In deze methodiek is de te verwachten gelijktijdige volumestroom verwerkt.

De maximum momentane volumestroom is dus niet de som van alle op een leiding aangesloten tapeenheden!

Tapeenheid (TE): rekeneenheid voor de bepaling van de maximum momentane volumestroom van tappunten en toestellen. 1 TE wordt gelijk gesteld aan 0,083·10⁻³ m³/s.

Inleiding

De momentane volumestroom voor een woning is gerelateerd aan het aantal tappunten (kranen) en de kans op het gelijktijdig optreden van de volumestromen behorend bij deze tappunten.

Een overzicht van voorkomende volumestromen van tappunten per woning is weergegeven in tabel 12 (bron: NEN 1006; VEWIN werkblad 2.1A).

tabel 12 Maximale volumestromen voor tappunten

tappunten per woning	q _v · 10 ⁻³ [m ³ /s]
toilet 1	0,042
toilet 2	0,042
fonteinkraan 1	0,042
fonteinkraan 2	0,042
keukenmengkraan	0,167
vaatwasmachine	0,167
bad/douche-mengkraan	0,167
wastafelkraan	0,083
wasmachinekraan	0,167
buitengevelkraan	0,167
totaal	1,086

Er wordt in de Vewin-werkbladen geen uitspraak gedaan over de duur van de optredende volumestromen. Verwacht wordt dat deze gemiddeld varieert tussen enkele seconden en enkele minuten.

De q^{√n}-methode gaat ervan uit dat bovengenoemde volumestromen per tappunt niet gelijktijdig zullen optreden. Het maximum optredend verbruik per woning is minder dan de som van de volumestromen per tappunt, omdat niet alle tappunten gelijktijdig zullen worden bediend. De q^{√n}-methode gaat ervan uit dat het momentaan verbruik van een woning gelijk is aan de wortel van de som van de gekwadrateerde volumestromen per tappunt. Voor de berekening van het optredend momentaan verbruik per woning wordt de volgende vergelijking toegepast:

$$q_{m,w} = \sqrt{(q_{v,bad})^2 + (q_{v,toilet})^2 + \dots} = \sqrt{\sum (q_{v,tappunten})^2} \quad (\text{II.1})$$

Substitutie van de volumestromen in tabel 12 in formule I-1 leidt tot een momentaan verbruik van $q_{m,w} = 0,39 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, hetgeen een flinke reductie is t.o.v. de som van de volumestromen van de tappunten ($1,086 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$).

Omdat het rekenen met de wortel uit de gesommeerde kwadraten van volumestromen per tappunt in de praktijk lastig is, worden er 'tapeenheden' geïntroduceerd. De relatie tussen deze tapeenheden (TE) en de volumestromen (q_v) is zodanig gedefinieerd dat er een hanteerbare formule voor het momentaan verbruik ontstaat. De relatie tussen een volumestroom per tappunt en het aantal bijbehorende tapeenheden (TE) is als volgt gedefinieerd:

$$q_v = 0,083 \cdot 10^{-3} \sqrt{\text{TE}} \quad (\text{II.2})$$

De factor $0,083 \cdot 10^{-3}$ vertegenwoordigt de volumestroom van één tapeenheid:
 $1 \text{ TE} = 0,083 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

Omschrijven van vergelijking II.2 levert:

$$\text{TE} = \left(\frac{q_v}{0,083 \cdot 10^{-3}} \right)^2 \quad (\text{II.3})$$

Met behulp van formule I-3 worden de volumestromen van tappunten uitgedrukt in het aantal bijbehorende tapeenheden. Het resultaat is weergegeven in tabel 13.

tabel 13 Volumestromen en tapeenheden voor verschillende tappunten

tappunten per woning	q_v $\cdot 10^{-3} [\text{m}^3/\text{s}]$	aantal tapeenheden TE [-]
toilet 1	0,042	0,25
toilet 2	0,042	0,25
fonteinkraan 1	0,042	0,25
fonteinkraan 2	0,042	0,25
keukenmengkraan	0,167	4,0
vaatwasmachine	0,167	4,0
bad/douche-mengkraan	0,167	4,0
wastafelkraan	0,083	1,0
wasmachinekraan	0,167	4,0
buitengevelkraan	0,167	4,0
totaal per woning	1,086	22,0

Substitutie van formule I-2 in formule I-1 resulteert in de volgende afleidingen voor het momentaan verbruik per woning:

$$q_m = \sqrt{(0,083 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\text{TE}_1})^2 + \dots + (0,083 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\text{TE}_n})^2} \quad (\text{II.4})$$

\Leftrightarrow

$$q_m = \sqrt{(0,083 \cdot 10^{-3})^2 (\text{TE}_1 + \text{TE}_2 + \dots + \text{TE}_n)} \quad (\text{II.5})$$

⇔

$$q_m = \sqrt{(0,083 \cdot 10^{-3})^2 (\sum TE_w)} = 0,083 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{TE} \quad (II.6)$$

Met behulp van formule I-6 en de tapeenheden per tappunt in tabel 2 wordt het optredend momentaan verbruik per woning berekend:

$$q_m = 0,083 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{22} = 0,39 \cdot 10^{-3} \quad (II.7)$$

Analoog aan de afleiding van formule I-6, voor het optredende momentaan verbruik per woning, wordt voor meerdere woningen gesteld dat:

$$q_{m,n} = \sqrt{n \cdot (q_m)^2} = \sqrt{n} \cdot q_m \quad (II.8)$$

Aan iedere woning is een identiek momentane volumestroom (q_m) toegekend.

Substitutie van formule I-6 in formule I-8 resulteert in de volgende formule:

$$q_{m,n} = 0,083 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{n} \cdot \sqrt{TE} \quad (II.9)$$

BIJLAGE 3 Hydraulicaformules ter berekening van de drukverlies

Voor een stationaire en uniforme buisstroming geldt voor het wrijvingsverlies in een leiding:

$$\Delta p = -f \cdot \frac{8 \cdot L}{\pi^2 \cdot g} \cdot \frac{q_v \cdot |q_v|}{D^5} \cdot \rho \cdot g \quad (\text{III.1})$$

De term ' $\rho \cdot g$ ' is de omrekeningsfactor van meter waterkolom (mwk) naar Pascal (Pa). De wrijvingsfactor (f) wordt berekend met de formulering volgens Colebrook-White:

$$f = \frac{0,25}{\log^2 \left[\frac{1}{0,4 \cdot \text{Re} \cdot \sqrt{f}} + \frac{k_N}{3,7 \cdot D} \right]} \quad (\text{III.2})$$

De term ' f ' komt aan beide zijden van het gelijkteken voor en wordt daarom niet expliciet berekend, maar via een iteratieve berekening.

$$\text{Re} = \frac{\bar{u} \cdot 4R}{\nu} \quad (\text{III.3})$$

De hydraulische straal R is gedefinieerd als de dwarsdoorsnede van een buis (A) gedeeld door de natte omtrek (P). Bij een geheel gevulde buis is de natte omtrek gelijk aan de gehele (inwendige) omtrek. De hydraulische straal R wordt daarmee:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2}{\pi \cdot D} = 0,25 \cdot D \quad (\text{III.4})$$

De kinematische viscositeit van water (ν) is afhankelijk van de temperatuur volgens de volgende relatie:

$$\nu = \frac{497 \cdot 10^{-6}}{(T + 42,5)^{1,5}} \quad (\text{III.5})$$

BIJLAGE 4 Drukverliesberekening (sub)secties voorbeeld

Algemeen TE = 22
T = 10 °C
k = 0.10 mm

A n = 7
q = 3.708
dH_A = 17.4 kPa

B n = 15
q = 5.428
dH_B_max = 71.6 kPa
dH_B_min = 41.7 kPa

C n = 6
q = 3.433
dH_C = 13.2 kPa

E n = 28
Q = 7.416 m³/h = 0.00206 m³/s
D = 65 mm
L = 100 m
dH_E = 8.0 kPa
dH_E'_min = 49.7 kPa
dH_E'_max = 79.6 kPa

G n = 9
q = 4.204
dH_B = 27.6 kPa

H n = 7
q = 3.708
dH_C = 17.4 kPa

F n = 16
Q = 5.606 m³/h = 0.001557 m³/s
D = 65 mm
L = 100 m
dH_F = 4.8 kPa
dH_F' = 32.4 kPa

D n = 46
Q = 9.505 m³/h = 0.00264 m³/s
D = 65 mm
L = 480 m
dH_D = 58.5 kPa

I n = 90
Q = 13.296 m³/h = 0.003683 m³/s
L = 500 m
D_min = 65 mm
D_max = 101 mm
dH_I_max = 119.7 kPa
dH_I_min = 13.2 kPa
dH_I'_max = 199.3 kPa
dH_I'_min = 79.6 kPa

