



**Beperken van drukschommelingen  
aan inlaten van douchemengkranen**



**Voorstudie ST-35**



Aan de totstandkoming van deze rapportage van de voorstudie hebben meegewerkt:

### **Werkgroep ST-35**

De voorstudie is uitgevoerd door J. van den Brink, en vond plaats in opdracht van TVVL en Uneto-VNI.

De studie is begeleid door de TVVL/Uneto-VNI werkgroep ST 35 die als volgt was samengesteld:

- |                               |   |
|-------------------------------|---|
| - E. (Eric) van der Blom      | Uneto-VNI / TVVL, projectleider                       |
| - W.G. (Walter) van der Schee | Croonwolter&dros, voorzitter                          |
| - J. (Johan) van den Brink    | Adviseur gebouwinstallaties en docent HBO, rapporteur |
| - M. Blokker                  | KWR Watercycle Research Institute                     |
| - R. van Deursen              | Kiwa Nederland B.V                                    |
| - J. (Jeroen) Meijer          | Rada Sanitairtechniek B.V.                            |
| - E. Herlé                    | Herlé Advies Sanitaire Installatietechniek            |
| - G. Mesman                   | KWR Watercycle Research Institute                     |
| - H. Moes                     | Woonzorg, Noord-Holland Noord                         |
| - W.J.H. (Will) Scheffer      | TVVL Expertgroep ST, bewerking eindrapportage         |



### **Auteur**

J. (Johan) v.d. Brink, Adviseur gebouwinstallaties en docent HBO

### **Datum**

december 2016

## Inhoudsopgave

1	Samenvatting	3
2	Inleiding	6
	2.1 Aanleiding	6
	2.2 Doel van de voorstudie	6
	2.3 Werkwijze voorstudie	7
	2.4 Werkgroep ST-35	7
3	Selectie van de installatie	8
4	Complex seniorenwoningen Zaandam	8
	4.1 Beschrijving bouwkundige indeling	8
	4.2 Beschrijving leidingwaterinstallatie	9
5	Metingen	10
	5.1 Meetplan	10
	5.2 Meetresultaten	11
	5.2.1 Meetresultaten in onderstation	11
	5.2.2 Meetresultaten in woning	12
	5.2.3 Bevindingen	14
	5.2.4 Laboratoriummetingen douchemengkraan	14
6	Berekeningen	16
	6.1 Drukschommelingen en leidingdiameters	16
	6.2 Drukverliesberekeningen leidingnet seniorenwoningen Zaandam	17
	6.3 Analyse drukverliesberekeningen	17
7	Verkenning literatuur	18
	7.1 Douchekop	18
	7.2 Dimensionering leidingsysteem	18
	7.3 Keuze autoriteit douche-aansluitleiding	19
8	Praktische (ontwerp)richtlijnen	21
	8.1 Douchekop	21
	8.2 Dimensionering collectieve leidingsystemen	22
	8.3 Dimensionering aansluitleidingen	22
	8.4 Douchemengkraan	22
	8.5 Volumestroombegrenzers	22
	8.6 Aanbeveling :	23
	Bepaal werkingspunt van douchekop in de installatiekarakteristiek	
	8.7 Voorbeeld van bepaling werkingspunt douchekop in installatie- karakteristiek met dynamische druk op Bk/Bw van circa 200 kPa	24
	8.8 Voorbeeld van bepaling werkingspunt douchekop in installatie- karakteristiek met dynamische druk op Bk/Bw van > 200 kPa	25
BIJLAGE 1	Referenties	29
BIJLAGE 2	Laboratoriummetingen thermostatische douchemengkraan	30
BIJLAGE 3	Werking mengkranen	33
BIJLAGE 4	Drukverliesberekeningen complex Zaandam	38
BIJLAGE 5	Tekeningen van complex seniorenwoningen Zaandam	41
BIJLAGE 6	Voorbeeldberekening drukverandering door closetreservoir	47
BIJLAGE 7	Overige aandachtspunten bij het verhelpen van klachten over mengwatertemperatuurschommelingen	48
BIJLAGE 8	Overzicht van aangemelde locaties met temperatuurschommelingen mengwater van douchemengkranen	51

## **1. Samenvatting**

Onder invloed van het hygiënisch ontwerpen van leidingwaterinstallaties ontstaat een trend naar kleinere leidingdiameters in collectieve koud- en warmtapwaterinstallaties. Dit als gevolg van nieuwe en meer realistische methoden voor het bepalen van maximale momentvolumestromen (MMV-en) voor hoofd- en verdeelleidingen.

### **1.1 Problemen met temperatuurschommelingen douchewater**

In kringen van het vakgebied wordt er op gewezen dat als gevolg van de trend naar kleinere leidingdiameters grotere variërende gebruiksdrukken kunnen optreden op, en ook grotere verschillen in gebruiksdrukken kunnen optreden tussen, de koud- en warmwateraansluitingen van douchemengkranen, waardoor hinderlijke en soms gevaarlijke temperatuurschommelingen van het mengwater plaatsvinden.

De problemen met temperatuurschommelingen van douchewater waren al gesignaleerd bij verschillende zorginstellingen zoals ziekenhuizen, verpleeghuizen en appartementencomplexen voor ouderen, en ook bij hotels, met installaties waarbij de diameters zijn bepaald volgens conventionele methoden.

Instructieboeken waarschuwen wel voor het optreden van hinderlijke temperatuurschommelingen aan douchemengkranen als gevolg van drukschommelingen in het leidingnet, maar uitgewerkte richtlijnen voor een leidingconfiguratie waarmee genoemde problemen kunnen worden beperkt ontbreken.

### **1.2 Voorstudie**

TVVL en Uneto-VNI hebben de voorstudie ST-35 laten uitvoeren voor het opstellen van richtlijnen voor het ontwerpen en realiseren van leidingwaterinstallaties waarin drukschommelingen aan de inlaten van douchemengkranen (voor huishoudelijk gebruik, of daarmee vergelijkbaar gebruik) kunnen worden beheerst en waarmee temperatuurschommelingen van het mengwater uit de douchekop binnen acceptabele grenzen kunnen worden gehouden.

### **1.3 Onderzoeklocatie**

Voor het selecteren van een probleem-installatie, waaraan nader onderzoek en praktijkmetingen kunnen worden uitgevoerd, zijn via de websites en contacten van Uneto-VNI en TVVL oproepen gedaan. Uit de aanmeldingen is gekozen voor een collectieve leidingwaterinstallatie (koud- en warmwater) van een complex seniorenwoningen in Zaandam.

### **1.4 Praktijkmetingen**

Praktijkmetingen hebben plaatsgevonden aan het begin van de collectieve leidingnetten voor koud- en warmwater en in een van de woningen. De badruimte heeft een thermostatische douchemengkraan

De bevindingen op basis van de metingen zijn:

- In het koudwaterleidingnet treden grote tot zeer grote drukdalingen op (160 tot 340 kPa).
- De stromingsweerstand (drukverlies) in het koudwaterleidingnet is hoog (100 kPa bij gebruik van één tappunt).
- De thermostatische douchemengkraan in de woning reageert goed op veranderingen in

temperatuur van koud- en warmtapwater.

- De thermostatische mengkraan reageert minder goed tot onvoldoende op drukschommelingen. In de praktijk blijkt dat de reactie van de thermostatische douchemengkraan bij grotere en kleinere drukschommelingen dan de drukvariaties in de testmethode volgens concept Europese productnorm prEN 1111:2015, niet (geheel) past binnen de eisen van Bijlage C van die prEN.

### **1.5 Laboratoriummetingen**

Naar aanleiding van de bevindingen in de praktijk met de reactie van de thermostatische douchemengkraan op drukschommelingen werd besloten om bij KIWA in Rijswijk laboratoriummetingen uit te voeren met een mengkraan zoals aanwezig in de woning waar de praktijkmetingen hebben plaatsgevonden.

Uit de resultaten van de laboratoriummetingen blijkt dat de volumestroom een aanzienlijke invloed heeft op de mengwatertemperatuur na de stabilisatieperiode. Hoe kleiner de mengwatervolumestroom, hoe groter de invloed van een drukverandering op de mengwatertemperatuur. Een drukverlaging van koudwater laat grotere verschillen in temperatuurstijging zien (2,0 tot 4,8 K) dan de verschillen in temperatuurverlaging bij een drukverlaging van warmwater (0,4 tot 2,3 K). Bij kleine volumestromen en drukverlaging van koudwater, treden na de stabilisatieperiode temperatuurstijgingen op die niet passen binnen de kaders zoals weergegeven in Bijlage C van prEN 1111:2015.

### **1.6 Drukverliesberekeningen**

Berekeningen (en ook de metingen) tonen aan dat het drukverlies in de collectieve leidingnetten (verdeelleidingen) op de onderzoeklocatie overwegend (veel) te hoog is. Volgens de conventionele methode (MMV op basis van  $q/v_n$ ) voor koudwater 229 kPa en voor warmwater 82 kPa.

Bij MMV volgens de nieuwe rekenregels: koudwater 119 kPa en warmwater 124 kPa.

Het berekende drukverlies in de woninginstallatie tot aan de douchemengkraan is daarentegen gering (KW 16,3 kPa). De verhouding tussen de berekende drukverliezen in de collectieve leidingnetten en in de woninginstallatie (tot op de aansluiting van de douchemengkraan) is groot.

### **1.7 Literatuur**

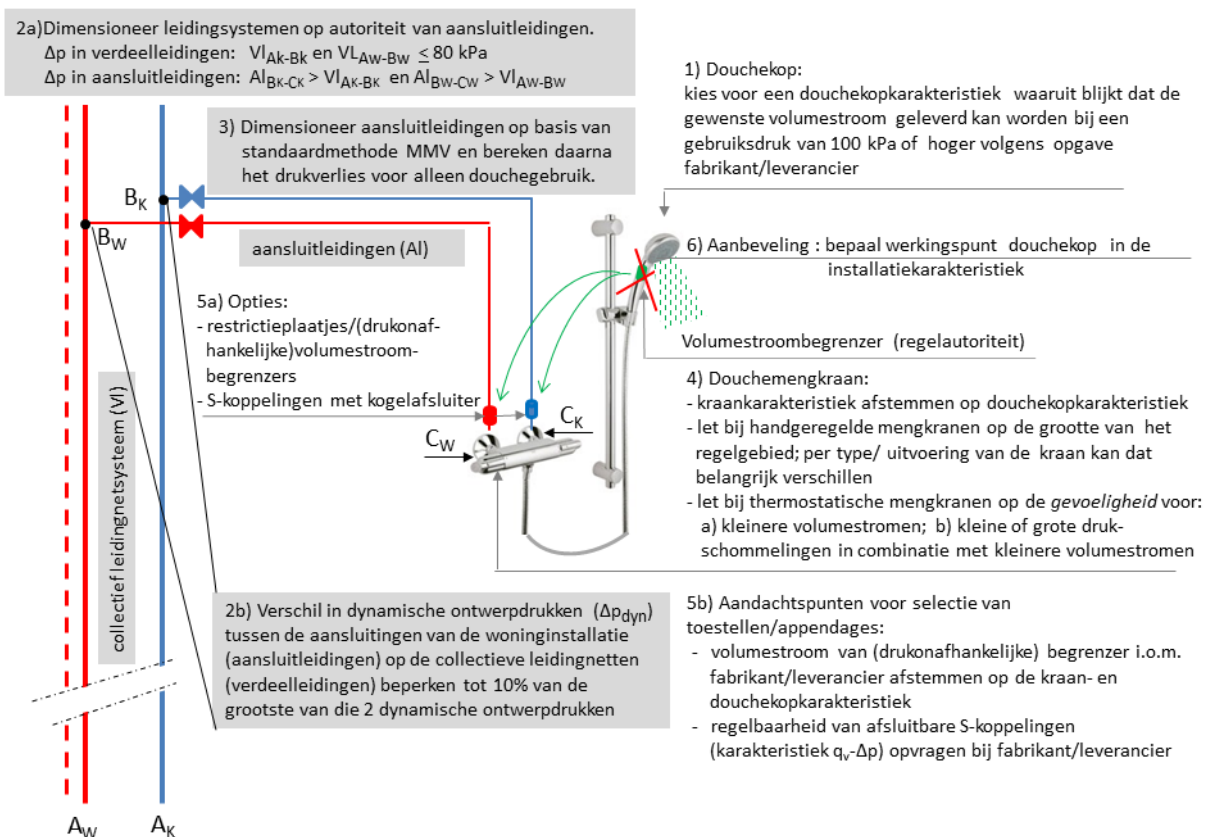
Onderzoek aan de Hogeschool Luzern (Zwitserland, 2011) heeft aangetoond dat waterbesparende douchekoppen tot aanzienlijk grotere temperatuurschommelingen leiden dan conventionele douchekoppen. Op een proefbank bleek een grote verbetering indien de volumestromen vóór de mengkamer van de douchekraan verlaagd werden in plaats van in of aan de douchekop (verplaatsing van "autoriteit" naar de aansluiting van de douchemengkraan).

Nederlands onderzoek (1999) toonde al eerder aan dat naast waterbesparende douchekoppen ook bij conventionele douchekoppen grotere verschillen kunnen optreden in stijging van mengwatertemperatuur bij eenzelfde drukdaling in het koudwaterleidingnet. Dat kan zichtbaar worden gemaakt met de zogenaamde 'verdringingskarakteristiek' van de douchekop. Aan dit kwalitatieve aspect van douchekoppen is tot op heden in Kiwa-Beoordelingsrichtlijnen geen aandacht besteed.

Met het verplaatsen van de volumestroombegrenzing naar bovenstrooms de douchemengkraan wordt de invloed van drukschommelingen in de leidingsystemen op de mengwatertemperatuur van de douche beduidend minder. Maar om die invloed verder in te dammen moet volgens de onderzoekers van de Hogeschool Luzern ook de dimensionering van het leidingsysteem worden aangepast. Te kleine diameters van verdeelleidingen leiden bij gelijktijdig gebruik aan meerdere tappunten tot een te grote drukval in het leidingsysteem. Hoe sterker een drukval in de koudwaterverdeelleidingen tijdens douchen, des te sterker treedt een temperatuurverhoging op van het douchemengwater. Drukschommelingen kunnen worden beperkt door verdeelleidingen, binnen bepaalde randvoorwaarden, zodanig ruim te dimensioneren dat het drukverlies daarin gering is, en de aansluitleidingen van de douchemengkraan, binnen bepaalde randvoorwaarden, zo klein mogelijk te dimensioneren, zodat het drukverlies daarin relatief groot is. Ook daaruit volgt de keuze dat de "autoriteit" komt te liggen bij de aansluiting van de douchemengkraan. Hoe kleiner de verhouding van het drukverlies tussen de aansluitleiding en het verdeelleidingsysteem des te geringer is de temperatuurverandering van het mengwater

### 1.8 Richtlijnen voor ontwerp leidingwaterinstallaties

Met de resultaten en inzichten uit de voorstudie zijn richtlijnen te herleiden voor het ontwerpen van collectieve leidingwaterinstallaties, en van daarop aangesloten woninginstallaties, waarin drukschommelingen aan de inlaten van douchemengkranen kunnen worden beheerst en temperatuurschommelingen van het mengwater uit de douchekop binnen aanvaardbare grenzen kunnen worden gehouden. Figuur 1 geeft een overzicht van die richtlijnen.



Figuur 1. Overzicht van richtlijnen voor ontwerp leidingwaterinstallaties waarin drukschommelingen aan de inlaten van douchemengkraan voor huishoudelijk gebruik kunnen worden beheerst en waarmee temperatuurschommelingen van het mengwater uit de douchekop beperkt kunnen worden.

## **2. INLEIDING**

### **2.1 Aanleiding**

Onder invloed van het hygiënisch ontwerpen van leidingwaterinstallaties ontstaat een trend naar kleinere leidingdiameters in koud- en warmtapwaterinstallaties. Dit als gevolg van nieuwe en meer realistische methoden voor het bepalen van maximale momentvolumestromen (MMV-en) voor hoofd- en verdeelleidingen. Bovendien worden tappunten zoals douchekoppen vaak waterbesparend uitgevoerd en ook dat draagt bij aan relatief kleine leidingdiameters, met name voor aansluitleidingen.

Op uitgestrekte leidingnetten met collectieve warmtapwaterbereiding en circulatiesystemen zoals in zorginstellingen, zorgwoningcomplexen en hotels zijn grote aantallen tappunten aangesloten. Deze tappunten variëren in ontwerp volumestroom. Variërende volumestromen veroorzaken in koud- en warmwaterleidingnetten variërende dynamische drukverliezen van globaal in het kwadraat. In kringen van het vakgebied wordt er op gewezen dat als gevolg van de trend naar kleinere leidingdiameters grotere variërende gebruiksdrukken kunnen optreden op, en ook grotere verschillen in gebruiksdrukken kunnen optreden tussen, de koud- en warmwateraansluitingen van douchemengkranen, waardoor hinderlijke en soms gevaarlijke temperatuurschommelingen van het mengwater plaatsvinden.

Deze problemen zijn gesignaleerd bij verschillende zorginstellingen zoals ziekenhuizen, verpleeghuizen en appartementencomplexen voor ouderen en ook bij hotels.

Een (plotselinge) daling van de douchewatertemperatuur is niet comfortabel, maar een (plotselinge) stijging van de temperatuur kan leiden tot een schrikreactie met alle gevolgen van dien. Enkele graden hogere douchewatertemperatuur ervaart men al als een kans op verbranden. Bij een te grote variatie is dat dan ook het geval.

Een opvallend praktijkvoorbeeld is gemeld vanuit een zorgcentrum met appartementen voor ouderen. Daarin mochten de bewoners met bewegingsproblemen alleen nog douchen onder begeleiding van personeel om verbranding door heet water te voorkomen. Maar door een schrikreactie kan men in de doucheruimte ook komen te vallen en zich op die manier verwonden. Kortom, temperatuurschommelingen van douchewater zijn niet alleen zeer hinderlijk maar ook gevaarlijk. In het zorgcentrum zijn thermostatische douchemengkranen (voor sanitair huishoudelijk gebruik) van gerenommeerde merken aangebracht, maar daarmee waren de problemen niet (volledig) verholpen.

Instructieboeken waarschuwen wel voor het optreden van hinderlijke temperatuurschommelingen aan douchemengkranen als gevolg van drukschommelingen in het leidingnet, maar uitgewerkte richtlijnen voor een leidingconfiguratie waarmee genoemde problemen kunnen worden voorkomen ontbreken.

### **2.2 Doel van de voorstudie**

Op basis van literatuur, onderzoek op locaties, inzichten van experts en praktijkmetingen, het analyseren van het ontstaan van drukschommelingen aan douchemengkranen en temperatuurschommelingen van douchewater. Na uitwerking van de analyseresultaten het opstellen van richtlijnen voor leidingconfiguraties en berekeningsvoorbeelden waarmee hinderlijke druk- en temperatuurschommelingen zijn te voorkomen.

## 2.3 Werkwijze voorstudie

Voor de voorstudie is de volgende werkwijze gevolgd:

- Kenbaar maken via de websites en contacten van Uneto-VNI en TVVL dat leidingwaterinstallaties met het beschreven probleem worden gezocht.
- De keuze van een installatie voor onderzoek en praktijkmetingen.
- Opstellen en uitvoeren meetplan
- Meetresultaten en bevindingen
- Berekeningen aan de installatie
- Vergelijking van meet- en rekenresultaten.
- Verkenning literatuur
- Het opstellen van praktische ontwerprichtlijnen om hinderlijke drukschommelingen aan de inlaten van douchemengkranen te voorkomen.

## 2.4 Werkgroep ST-35

De voorstudie is uitgevoerd door J. van den Brink, en vond plaats in opdracht van TVVL en Uneto-VNI.

De studie is begeleid door de TVVL/Uneto-VNI werkgroep ST 35 die als volgt was samengesteld:

- E. van der Blom: Uneto-VNI / TVVL, projectleider
- W.G. van der Schee: Croonwolter&dros, voorzitter
- J. van den Brink: Adviseur gebouwinstallaties en docent HBO, rapporteur
- M. Blokker: KWR Watercycle Research Institute
- R. van Deursen: Kiwa Nederland B.V
- J. Meijer: Rada Sanitairtechniek B.V.
- E. Herlé: Herlé Advies Sanitaire Installatietechniek
- G. Mesman: KWR Watercycle Research Institute
- H. Moes: Woonzorg, Noord-Holland Noord
- W.J.H. Scheffer: TVVL Expertgroep ST, bewerking eindrapportage



### **3 Selectie van de installatie**

Voor het selecteren van een probleeminstallatie, waaraan nader onderzoek en praktijkmetingen kunnen worden uitgevoerd, zijn via de websites en contacten van Uneto-VNI en TVVL oproepen gedaan.

Gevraagd is om installaties aan te melden die aan de volgende criteria voldoen:

- collectieve warmtapwaterinstallatie;
- problemen met temperatuurschommelingen op douchemengkranen;
- incidentele grote piekverbruiken;
- tekeningen aanwezig;
- bereidheid tot medewerking aan het meetprogramma.

In bijlage 8 is een overzicht met beschrijvingen opgenomen van de aangemelde locaties.

Geen van de installaties op de aangemelde locaties voldeden aan alle criteria. Gekozen is voor een collectieve leidingwaterinstallatie van een complex seniorenwoningen in Zaandam. Die keuze is gedaan op basis van de bereikbaarheid van de locatie, de bereidheid om revisietekeningen te maken, de goede toegankelijkheid van de onderstations en de mogelijkheid om in een woning te meten. Er is echter geen sprake van incidentele grote piekverbruiken.

## **4 Complex seniorenwoningen Zaandam**

### **4.1 Beschrijving bouwkundige indeling**

Het complex bestaat uit 68 tweekamer- en 8 driekamerseniorenwoningen en twee logeerruimtes. De woningen zijn gebouwd in 1972 en gerenoveerd in 2002. De woningen zijn verdeeld over twee gebouwdelen met elk meerdere vleugels van drie bouwlagen. De vleugels zijn voorzien van een zadeldak met daaronder een zolder. Elk gebouwdeel heeft een onderstation op zolder.



*Figuur 4.1 Complex seniorenwoningen Zaandam*

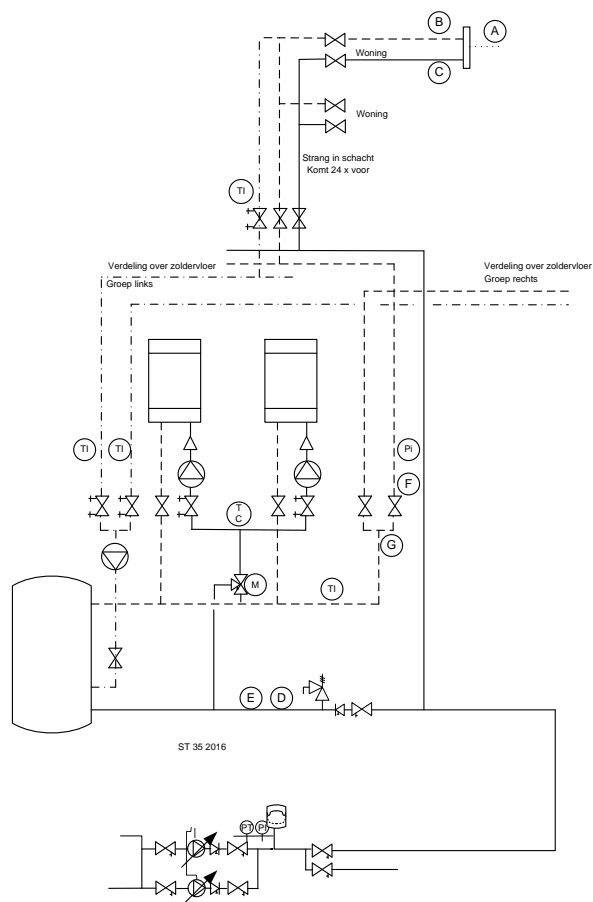
## 4.2 Beschrijving leidingwaterinstallatie

Direct achter het centrale leveringspunt (watermeteropstelling) is de leidingwaterinstallatie voorzien van een drukverhogingsinstallatie. Na de drukverhogingsinstallatie vindt een splitsing in twee groepen van koudwater plaats die voeren naar de onderstations. In de onderstations zijn warmtapwaterbereiders opgesteld. Vanuit het onderstation lopen in twee deelgroepen koperen verdeelleidingen van koudwater, warmtapwater en warmcirculatiewater over de zoldervloer. Op de verdeelleidingen staan zakstrangen van 1, 2 of 3 woningen aangesloten. In de circulatiedeelringen zijn thermostatische inregelventielen aangebracht.

De warmtapwaterbereiding in het onderstation is uitgevoerd als een direct gestookt oplaadsysteem en bestaat uit 2 cv-ketels met koperen (rookgaszijdige) warmtewisselaar. Met een oplaadpomp bij elke cv-ketel wordt het voorraadvat gevuld met warmtapwater. De warmtapwatertemperatuur wordt geregeld door de modulerende regeling van de ketel om te voorkomen dat de uitgaande watertemperatuur te laag wordt.

Om bij maximaal ketelvermogen en een grote volumestroom over de cv-ketel te voorkomen dat de uitgaande warmwatertemperatuur te laag wordt, regelt een 3-weg mengklep de temperatuur van het tapwater naar de cv-ketels. Koudwater en warmwater wordt gemengd op een temperatuur van ca. 40 °C . Figuur 4.2 geeft schematisch de opbouw van de leidingwaterinstallatie weer.

In de woningen bevinden zich thermostatische douchemengkranen.

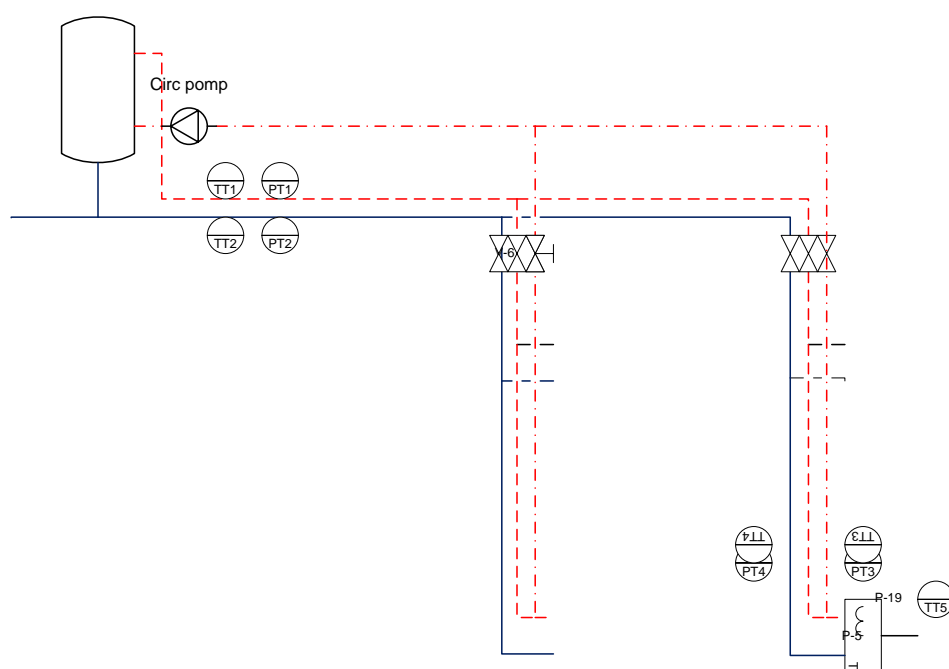


Figuur 4.2 Schematische weergave van de leidingwaterinstallatie.

## 5. Metingen

### 5.1 Meetplan

Het meetplan voorziet in een onderzoek of druk- en temperatuurschommelingen plaatsvinden, en zo ja, of deze in het onderstation of in de leidingnetten tussen het onderstation en de (meet)woning optreden, en wat dan de invloed ervan is op de mengwatertemperatuur van de douchemengkraan. Daarvoor zijn op verschillende plaatsen in de leidingwaterinstallatie druk- en temperatuuropnemers aangebracht. In het onderstation zijn opnemers geplaatst op de koud- en warmtapwaterleiding. De PT100 temperatuuropnemers in het onderstation zijn aangebracht met behulp van geleidingspasta. Zeer kortdurende temperatuurschommelingen kunnen niet worden gemeten. Dat kan wel in een van de woningen waar veel klachten zijn. In die woning zijn druk- en temperatuuropnemers geplaatst in de koud- en warmwateraansluitingen (na de muurplaten) van de thermostatische douchemengkraan en een temperatuuropnehmer in de mengwateruitlaat van de kraan; sample 1 s. Figuur 5.1 geeft een overzicht van de druk- en temperatuuropnemers in de installatie.



- TT1 Temperatuuropnehmer warmwater bij voorraadvat
- TT2 Temperatuuropnehmer koudwater bij voorraadvat
- TT3 Temperatuuropnehmer warmwater bij douchemengkraan
- TT4 Temperatuuropnehmer koudwater bij douchemengkraan
- TT5 Temperatuuropnehmer mengwater douchemengkraan
- PT1 Drukopnemer warmwater bij voorraadvat
- PT2 Drukopnemer koudwater bij voorraadvat
- PT3 Drukopnemer warmwater bij douchemengkraan
- PT4 Drukopnemer koudwater bij douchemengkraan

Figuur 5.1 Overzicht van de druk- en temperatuuropnemers in de leidingwaterinstallatie

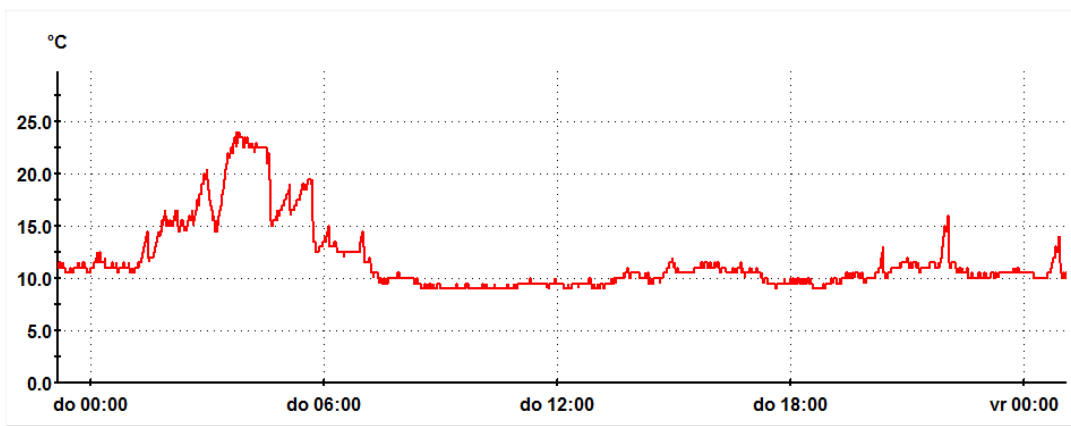
In de woning is met een 5 kanaalsmeetapparatuur registratie mogelijk van gelijktijdig in de koud- en warmwaterleiding te meten temperaturen en drukken alsmede de mengwatertemperatuur van de douchemengkraan.

Een beschrijving van de eigenschappen van thermostatische - en handgeregelde mengkranen is opgenomen in Bijlage 3 van dit rapport. Het theoretisch effect van temperatuur- of drukschommelingen in de koud- en warmwaterleidingen op de mengwatertemperatuur is in die bijlage zichtbaar gemaakt.

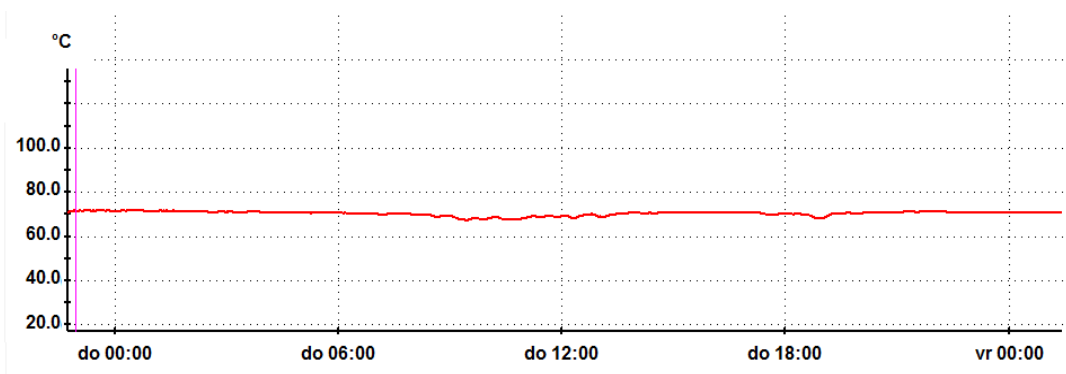
## 5.2 Meetresultaten

### 5.2.1 Meetresultaten in onderstation

In het onderstation bereikte gedurende een meetperiode van 24 uur de koudwatertemperatuur 's nachts om 4 h de hoogste waarde (24 °C) en was vanaf 7 h tot 18 h vrijwel constant (10 °C). De warmwatertemperatuur varieerde in die meetperiode tussen de 66 °C en 71 °C, glijdend zonder schommelingen (pieken), zie figuren 5.2 en 5.3.



*Figuur 5.2 Koudwatertemperatuur over 24 uur in onderstation*



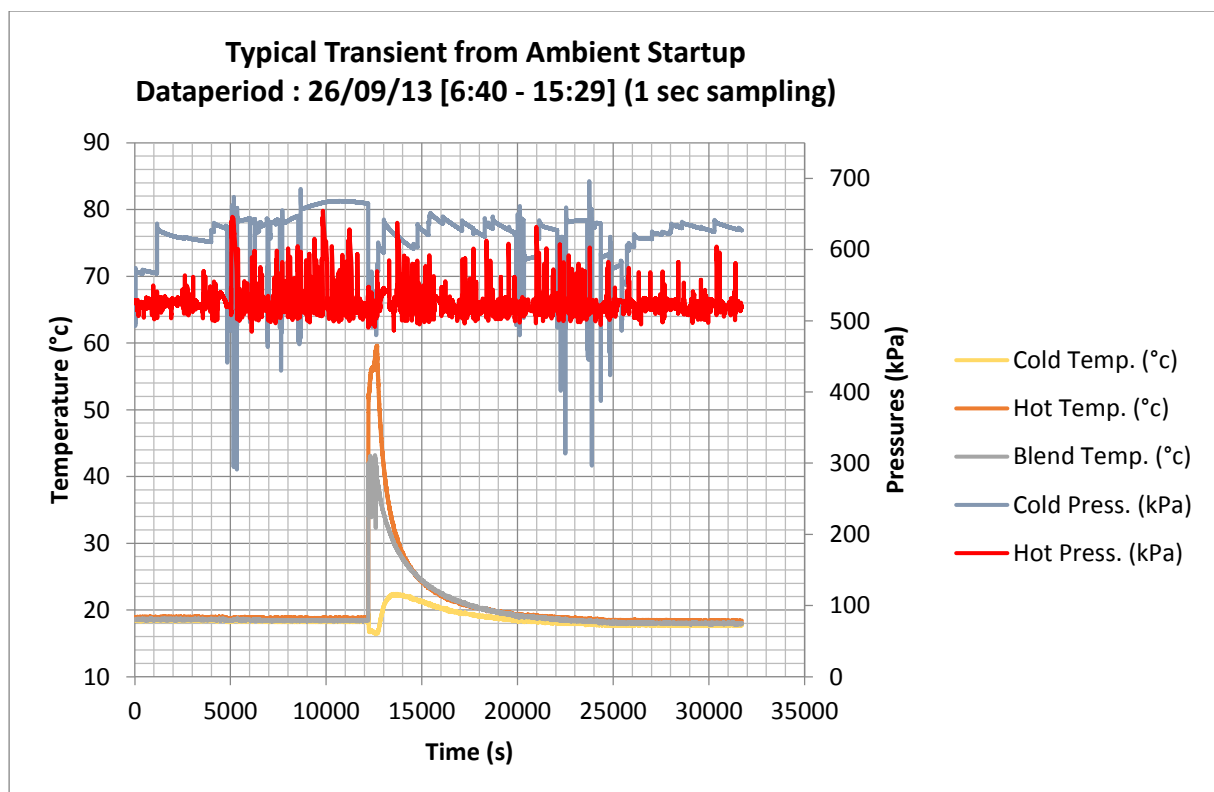
*Figuur 5.3 Warmtapwatertemperatuur over 24 uur in onderstation*

De druk in het onderstation is gedurende korte tijd gemeten (14 minuten) en was vrijwel constant: koudwater 660 kPa, warmwater circa 600 kPa. Er zijn geen kortdurende schommelingen geconstateerd.

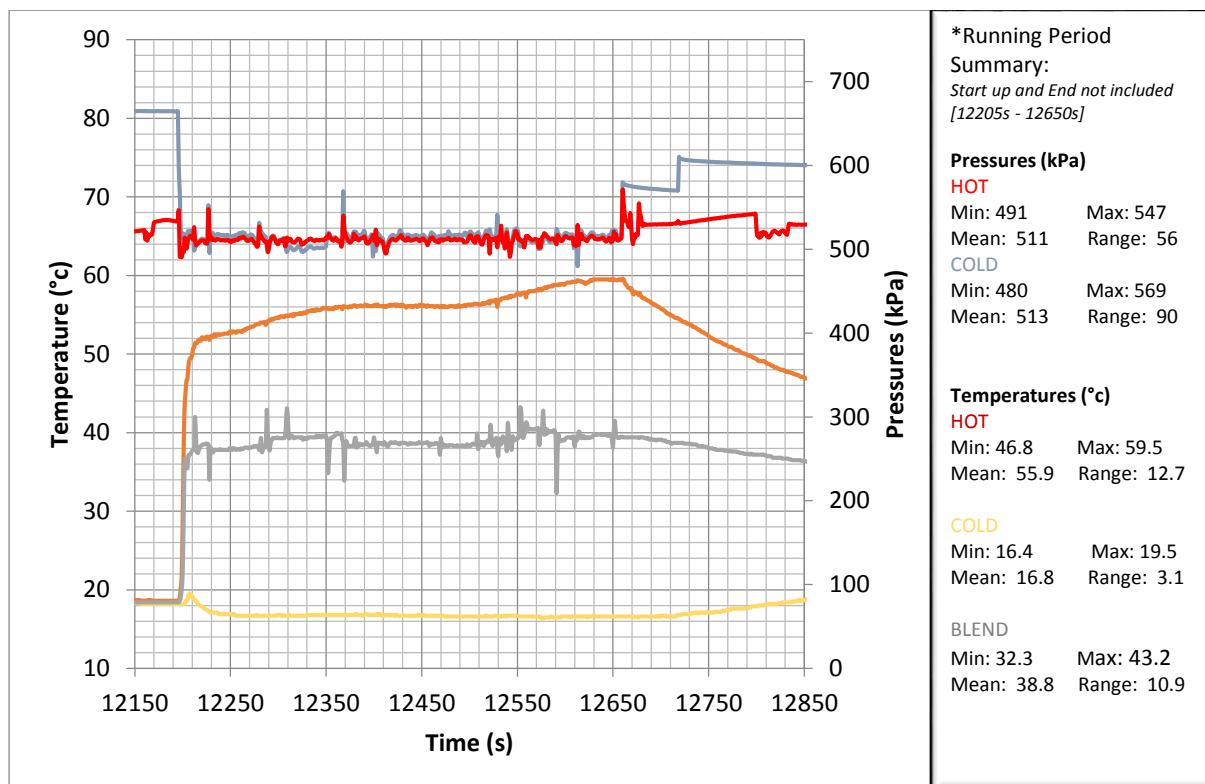
### 5.2.2 Meetresultaten in woning

In de woning is met de 5 kanaalsmeetapparatuur gedurende een werkdag in de aansluitingen van de douchemengkraan de koud- en warmwaterdruk, de koud- en warmtapwatertemperatuur, en aan de uitlaat van de kraan de mengwatertemperatuur, gemeten en geregistreerd. Uit figuur 5.3 blijkt dat in de koudwaterleiding enkele flinke drukdalingen (van ca. 340 kPa), gecombineerd met drukschommelingen, hebben plaatsgevonden. Deze deden zich voor rondom 9.00 h en 13:15 h. Tussen die tijden traden vaker drukdalingen op van ca. 160 kPa. Na 15.30 h is niet meer gemeten. Verder is te zien dat tussen 12000 en 13000 s (vanaf 10.00 h) gebruik is gemaakt van de douche.

Figuur 5.4 toont de meetresultaten tijdens douchen meer in detail. Bij de start van het douchen was de koudwaterdruk > 650 kPa (blauwe lijn). Die druk zakte direct na het openen van de douchemengkraan. Gedurende het douchen (circa 8 minuten) was de druk gemiddeld 513 kPa. Na het douchen werd een druk gemeten van 600 kPa. De hogere begindruk wordt verklaard door een oplaadeffect benedenstrooms de keerklep in de woningaansluiting.



Figuur 5.3 Meetresultaten bij de douchemengkraan in de woning gedurende één werkdag.



Figuur 5.4 Uitsnede van figuur 5.3 met meetresultaten tijdens douchen

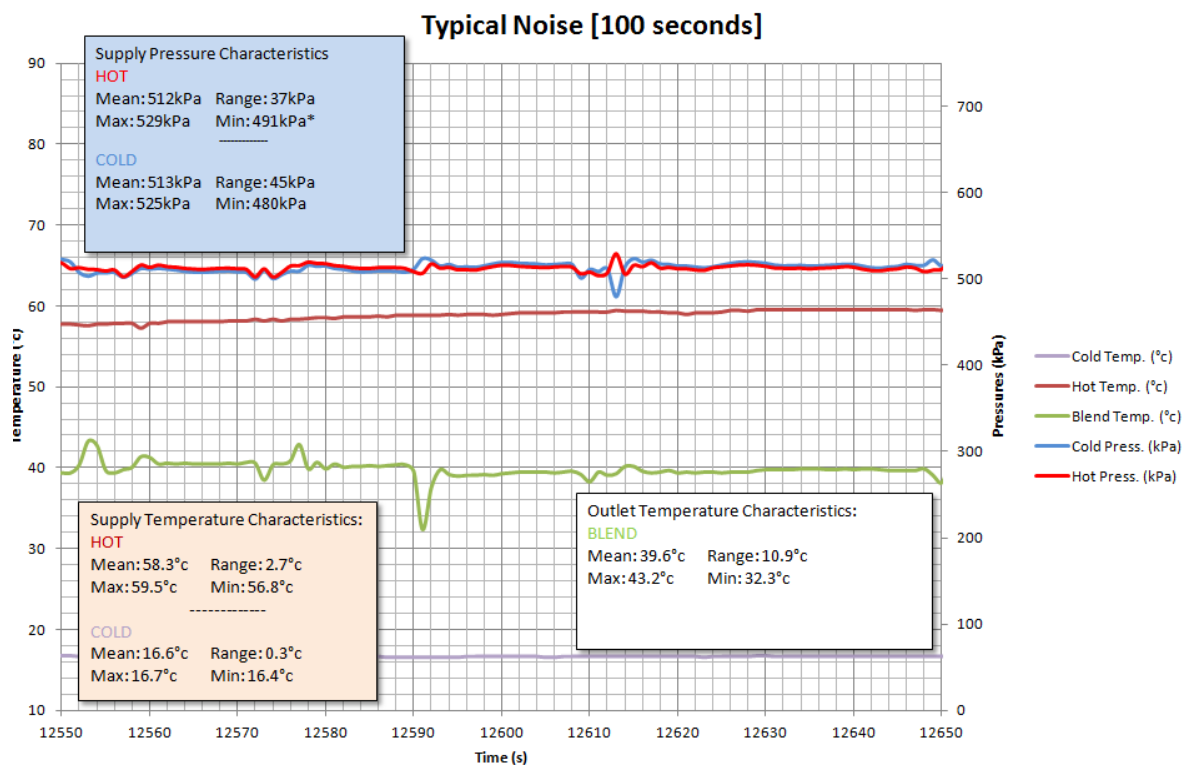
De warmtapwaterdruk (rode lijn) lag gedurende voor en na het douchen op circa 540 kPa en tijdens het douchen op gemiddeld 511 kPa.

Tijdens het douchen waren er kortdurende drukschommelingen. In de warmwaterleiding waren deze maximaal 50 kPa en in de koudwaterleiding maximaal 70 kPa.

De warmtapwatertemperatuur (bruine lijn) liep tijdens het douchen geleidelijk op van 52 °C naar 60 °C en toonde geen (kortdurende) schommelingen. De koudwatertemperatuur (gele lijn) bleef stabiel op circa 17 °C.

Wanneer de schommelingen in de mengwatertemperatuur (grijze lijn) buiten beschouwing worden gelaten dan was de stijging van de mengwatertemperatuur < 2 K terwijl de warmtapwatertemperatuur met 8 K toenam. Maar relatief kleine drukschommelingen zorgde voor enorme effecten (schommelingen) in de mengwatertemperatuur, tot 8 K. Dat drukschommelingen vooral in het koudwaterleidingnet plaatsvonden wordt verklaard door de daarop aangesloten apparaten en toestellen met hun specifieke afnamekarakteristieken, zoals die van was- en afwasmachines en closetreservoirs.

Een verdere detaillering van de meetresultaten tijdens douchen in figuur 5.5 laat zien dat relatief kleine drukvariaties (37 resp. 45 kPa) in de warm- en koudwaterleiding grote verschillen geven in mengwatertemperatuur. Opvallend is temperatuurdaling van het mengwater van 8 K veroorzaakt door de beperkte drukstijging van circa 20 kPa (tussen 12590 en 15592 s) in de koudwaterleiding.



Figuur 5.5 Verdere uitsnede van figuur 5.4 met meetresultaten tijdens douchen.

### 5.2.3 Bevindingen

De bevindingen op basis van de metingen zijn:

- De thermostatische mengkraan reageert goed op veranderingen in temperatuur van koud- en warmtapwater.
- De thermostatische mengkraan reageert minder goed tot onvoldoende op drukschommelingen. In de praktijk blijkt dat de reactie van de thermostatische douchemengkraan bij grotere en kleinere drukschommelingen, dan de drukvariaties in de testmethode volgens concept Europese productnorm prEN 1111:2015, niet (geheel) past binnen de eisen van Bijlage C van die prEN.
- In het koudwaterleidingnet treden grote tot zeer grote druksdalingen op. Een verklaring voor de zeer grote drukschommelingen is niet achterhaald.
- De stromingsweerstand (drukverlies) in het koudwaterleidingnet is groot gezien het drukverschil bij één tappunt in gebruik.

### 5.2.4 Laboratoriummetingen douchemengkraan

Naar aanleiding van de bevindingen in de praktijk met de reactie van de thermostatische douchemengkraan op drukschommelingen werd besloten om bij KIWA in Rijswijk laboratoriummetingen uit te voeren met een mengkraan zoals aanwezig in de woning waar de praktijkmetingen hebben plaatsgevonden.

Uit de laboratoriumtesten met een tweemaal zo grote mengwatervolumestroom dan in de test volgens prEN 1111:2015, en nadat de koudwaterdruk (gebruiksdruk) is verlaagd van 300 naar 200 kPa en daarna weer hersteld, blijkt na de stabilisatieperiode, de temperatuur van het mengwater

met 2 K te stijgen ten opzichte van de ingestelde temperatuur, zie tabel 5.1. Bij een 50% kleinere volumestroom is die temperatuurstijging 3,6 K en bij een 25 % kleinere volumestroom 4,8 K. Wordt de warmwaterdruk verlaagd van 300 naar 200 kPa, dan blijkt een temperatuurdaling van 0,4 K bij een mengwatervolumestroom van 23,6 l/min (100%), 0,7 K bij 50% volumestroom en 2,3 K bij 25% volumestroom.

**Tabel 5.1 Laboratoriumtest met thermostatische mengkranen uit praktijksituatie**

Mengwatervolumestroom	Koud- en warmwatergebruiksdruk 300 kPa	
	Na verlaging koudwaterdruk van 300 kPa naar 200 kPa (binnen 1 s) en weer herstel; na de stabilisatieperiode temperatuurstijging ten opzichte van de ingestelde mengwatertemperatuur	Na verlaging warmwaterdruk van 300 kPa naar 200 kPa (binnen 1 s) en weer herstel; na de stabilisatieperiode temperatuurdaling ten opzichte van de ingestelde mengwatertemperatuur
23,6 l/min = 100%	2,0 K	0,4 K
11,8 l/min = 50%	3,6 K	0,7 K
6,1 l/min = 25%	4,8 K	2,3 K

Meer informatie over de laboratoriummetingen en Bijlage C van prEN 1111:2015 is opgenomen in bijlage 2 van dit rapport.

Uit de resultaten van de laboratoriummetingen blijkt dat de volumestroom een aanzienlijke invloed heeft op de mengwatertemperatuur na de stabilisatieperiode. Hoe kleiner de mengwatervolumestroom, hoe groter de invloed van een drukverandering op de mengwatertemperatuur. Een drukverlaging van koudwater laat grotere verschillen in temperatuurstijging zien dan de verschillen in temperatuurverlaging bij een drukverlaging van warmwater. Bij kleine volumestromen en drukverlaging van koudwater, treden na de stabilisatieperiode temperatuurstijgingen op die niet passen binnen de kaders zoals weergegeven in Bijlage C van prEN 1111:2015.

*Kiwa heeft bovenstaande waarnemingen onder de aandacht gebracht van de betreffende Technische Commissie van CEN.*

Waterzuinige douchekoppen (Kiwa-keur Laag Verbruik) hebben kleinere volumestromen (4 tot 7,2 l/min bij een gebruiksdruk van 100 kPa en 7,2 tot 9 l/min bij een gebruiksdruk van 300 kPa) dan de volumestroom (12 l/min bij een gebruiksdruk van 300 kPa) bij het testen van standaard thermostatische douchemengkranen volgens prEN 1111:2015.



## 6. Berekeningen

### 6.1 Drukschommelingen en leidingdiameters

Bij het ontwerpen van leidingsystemen kan de diameterbepaling van invloed zijn op het ontstaan van drukschommelingen. Eerst worden de maximum-momentvolumestromen (MMV) bepaald. De veel gebruikte  $q\sqrt{n}$ -methode geeft in het algemeen een voldoende MMV. Voor collectieve leidingnetten wordt voor de bepaling van de MMV sinds kort (ook) gebruik gemaakt van rekenregels die zijn ontwikkeld met het simulatieprogramma SIMDEUM (zie ISSO-publicatie 55). Een knelpunt bij de bepaling van de MMV aan het eind van (hoofd-)verdeelleidingen is dat voor het closetreservoir een standaardwaarde van 0,043 l/s wordt aangehouden. Deze waarde is echter gebaseerd op de vroeger gebruikte vlotterkranen die enkele minuten deden over het vullen van een closetreservoir. De thans gebruikte indirect gestuurde vlotterkranen hebben volumestromen die variëren tussen de 0,13 l/s en 0,21 l/s, afhankelijk van fabricaat en gebruiksdruk. Dit kan van invloed zijn op drukschommelingen, vooral omdat de vultijd van het reservoir kort is (tussen 35 en 55 s).

De diameters van het leidingnet worden in de praktijk met verschillende methoden bepaald, zoals op basis van:

- a) een maximale stroomsnelheid.
- b) een vaste weerstand per meter buis.
- c) een maximaal toegestaan drukverlies.

a)

Bij een ontwerp op basis van de maximale stroomsnelheid worden de kleinst mogelijke diameters verkregen. Daardoor is ook de inhoud van de leidingwaterinstallatie klein zodat een goede verversing van het leidingwater mogelijk is. De benodigde druk wordt bepaald (statisch,  $\Delta p$  en toestelgebruiksdruk) en gerealiseerd met een drukverhogingsinstallatie. In de kleinste diameters kunnen, mede afhankelijk van de typen hulpstukken, zeer hoge drukverliezen optreden.

b)

Bij het ontwerpen met een vaste weerstand per meter buis ( $\Delta p/m$ ), bepaald op basis van de hiervoor beschikbare druk, treden bij grotere diameters hogere snelheden op dan bij kleinere diameters. De consequentie bij het hanteren van altijd dezelfde waarde is dat, evenals bij a), grote drukverschillen kunnen optreden. Deze methode kan goed werken als de  $\Delta p/m$  wordt aangepast aan de grootte van de installatie(delen).

c)

Het ontwerpen op basis van een vooraf bepaald maximum drukverlies (ongeacht de hiervoor beschikbare druk) maakt dat het drukverlies bij wisselende volumestroom nooit groter zal zijn dan de vooraf vastgelegde waarde. Het drukverlies per meter leiding wordt bepaald op basis van de leidinglengte en het toegestane drukverlies, rekening houdend met de plaatselijke weerstanden in hulpstukken en appendages. De diameters zijn dan niet zo klein als bij de methoden a) en b) en drukschommelingen treden minder op.

## 6.2 Drukverliesberekeningen leidingnet seniorenwoningen Zaandam

Van de collectieve leidingnetten (koud- en warmwater) en de woninginstallatie (koudwater) zijn drukverliesberekeningen gemaakt, zie bijlage 4. De tekeningen van de leidingnetten (plattegronden en scheve projecties) zijn opgenomen in bijlage 5.

Voor de bepaling van de MMV in de collectieve leidingnetten is gebruik gemaakt van de conventionele qVn-methode en van de nieuwe rekenregels in ISSO-55 die zijn afgeleid van SIMDEUM.

Het drukverlies in het collectieve koudwaterleidingnet bedraagt volgens berekening met gebruik van de qVn-methode 229 kPa (tot aan de woningaansluiting). Met gebruik van de nieuwe rekenregel voor seniorenwoningen bedraagt het drukverlies 119 kPa.

Het drukverlies in het collectieve warmwaterleidingnet bedraagt volgens berekening met gebruik van de qVn-methode 82 kPa (tot aan de woningaansluiting). Met gebruik van de nieuwe rekenregel voor seniorenwoningen bedraagt het drukverlies 124 kPa.

Het drukverlies in de koudwaterleiding tussen de woningaansluiting en de douchemengkraan bedraagt volgens berekening met gebruik van de qVn-methode 25,17 kPa.

## 6.3 Analyse drukverliesberekeningen

De berekende drukverliezen in het collectieve koudwaterleidingnet zijn 33 tot 65 % *kleiner* dan de gemeten maximale drukdaling.

De berekende en de gemeten drukverliezen/-daling zijn groot tot zeer groot.

Het berekende drukverlies in de woninginstallatie tot aan de douchemengkraan is daarentegen gering.

Koudwaterleidingnet: - gemeten maximale drukdaling 340 kPa;  
- berekende drukverliezen 229 kPa en 119 kPa;;  
- gemeten drukdaling tijdens douchegebruik in meetwoning 83 kPa;  
- berekend drukverlies in woning tot aan douche 25,17 kPa.

De berekende drukverliezen in het collectieve warmwaterleidingnet zijn 82 tot 175 % *groter* dan de gemeten maximale drukdaling.

De berekende drukverliezen zijn normaal tot groot.

De gemeten drukdaling is relatief klein.

Warmwaterleidingnet: - gemeten maximale drukdalngen 45 kPa;  
- berekende drukverliezen 82 kPa en 124 kPa.

De metingen waren echter te beperkt van duur om de drukdaling te kunnen registreren bij representatieve MMV-en. De berekeningen van de drukverliezen tonen aan dat de gekozen methode voor de bepaling van MMV-en een (te) grote invloed heeft. Daarbij moet wel worden bedacht dat de berekeningen betrekking hebben op een al gedimensioneerde (lees: bestaande) installatie.

Desondanks tonen de berekeningen - en toch ook de metingen - aan dat het drukverlies in de collectieve leidingnetten (verdeelleidingen) overwegend (veel) te hoog is en dat daardoor de verhouding tussen dit drukverlies en het drukverlies in de woninginstallatie (tot op de aansluiting van de douchemengkraan) aanleiding kan geven tot problemen met de mengwatertemperatuur van de douchemengkraan.

## **7 Verkenning literatuur**

### **7.1 Douchekop**

Onderzoek aan de Hogeschool Luzern (2011) heeft aangetoond dat waterbesparende douchekoppen tot aanzienlijk grotere temperatuurschommelingen leiden dan conventionele douchekoppen. Bij eenzelfde drukdaling in het koudwaterleidingnet tijdens douchegebruik, als gevolg van het vullen van een closetreservoir\*, steeg de mengwatertemperatuur van de waterbesparende douchekop met maximaal 8 K en van de conventionele douchekop met slechts 2,5 K. Als doorslaggevend nadeel wordt ook de volumestroombegrenzer in de douchekop gezien. In de mengkamer van de douchekraan worden koud - en warmwater samengebracht en bepalen de temperatuur van het mengwater. De onderzoekers stellen dat drukschommelingen in het leidingsysteem onmiddellijk leiden tot aanzienlijke temperatuurschommelingen aan de douchekop met volumestroombegrenzer. Op een proefbank bleek een grote verbetering indien de volumestromen vóór de mengkamer van de douchekraan verlaagd werden in plaats van in of aan de douchekop (verplaatsing van "autoriteit" naar de aansluiting van de douchemengkraan). Dit kan worden gerealiseerd met bijvoorbeeld gemodificeerde S-koppelingen voorzien van een ingebouwde kogelafsluiter die in een vaste positie kan worden gefixeerd of met (drukafhankelijke) volumestroombegrenzers in de aansluitpoorten van de douchemengkraan. Nederlands onderzoek (1999) toonde al eerder aan dat naast waterbesparende douchekoppen ook bij conventionele douchekoppen grotere verschillen kunnen optreden in stijging van mengwatertemperatuur bij eenzelfde drukdaling in het koudwaterleidingnet. Gesproken wordt over de 'verdringingskarakteristiek' van de douchekop. Aan dit kwalitatieve aspect van douchekoppen is tot op heden in Kiwa-Beoordelingsrichtlijnen geen aandacht besteed. Bij de selectie van de douchekop gaat de voorkeur uit naar een niet-steile douchekopkarakteristiek en waarbij het (ontwerp-)werkingspunt van de douchekop in de (ontwerp)installatiekarakteristiek komt te liggen op een gebruiksdruk vanaf 100 kPa of hoger volgens opgave van de fabrikant/leverancier.

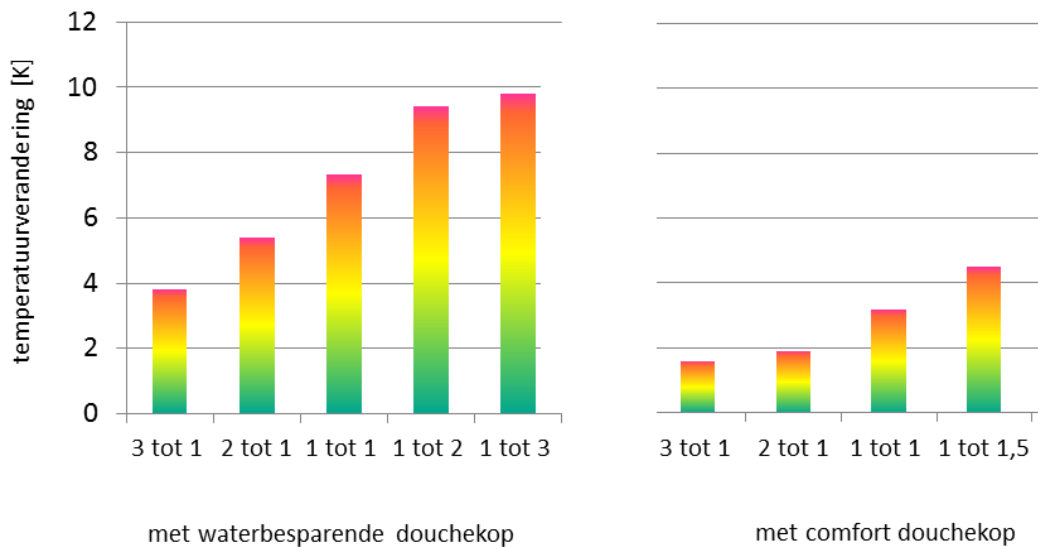
*\* In bijlage 6 van dit rapport is een berekeningsvoorbeeld opgenomen van de drukverandering als gevolg van het vullen/sluiten van een closetreservoir.*

### **7.2 Dimensionering leidingsysteem**

Met het verplaatsen van de volumestroombegrenzing naar bovenstrooms de douchemengkraan wordt de invloed van drukschommelingen in de leidingsystemen op de mengwatertemperatuur van de douche beduidend minder. Maar om die invloed verder in te dammen moet volgens de onderzoekers van de Hogeschool Luzern ook de dimensionering van het leidingsysteem worden aangepast. Te kleine diameters van verdeelleidingen leiden bij gelijktijdig gebruik van de op die leidingen aangesloten tappunten tot een te grote drukval. Hoe sterker een drukval in de koudwaterverdeelleidingen tijdens douchen, des te sterker treedt een temperatuurverhoging op van het douchemengwater. Drukschommelingen kunnen worden beperkt door verdeelleidingen, binnen bepaalde randvoorwaarden, zodanig ruim te dimensioneren dat het drukverlies daarin gering is, en de aansluitleidingen van de douchemengkraan, binnen bepaalde randvoorwaarden (voorkomen van waterslag en geluidhinder), zo klein mogelijk te dimensioneren, zodat het drukverlies daarin relatief

groot is. Ook daaruit volgt de keuze dat de "autoriteit" komt te liggen bij de aansluiting op de douchemengkraan.

Hoe groter de verhouding van het drukverlies tussen de aansluitleiding en het verdeelingsysteem des te geringer is de temperatuurverandering van het mengwater. Simulaties van de onderzoekers van de Hogeschool Luzern zijn weergegeven in figuur 7.1. Daaruit blijkt duidelijk dat hoe groter de drukverliezen in de verdeelingsystemen, des te groter zijn de temperatuurschommelingen aan de douche.



Figuur 7.1 Temperatuurverandering mengwater bij verhouding drukverlies aansluitleiding tot drukverlies verdeelingsysteem [9]

### 7.3 Keuze autoriteit douche-aansluitleiding

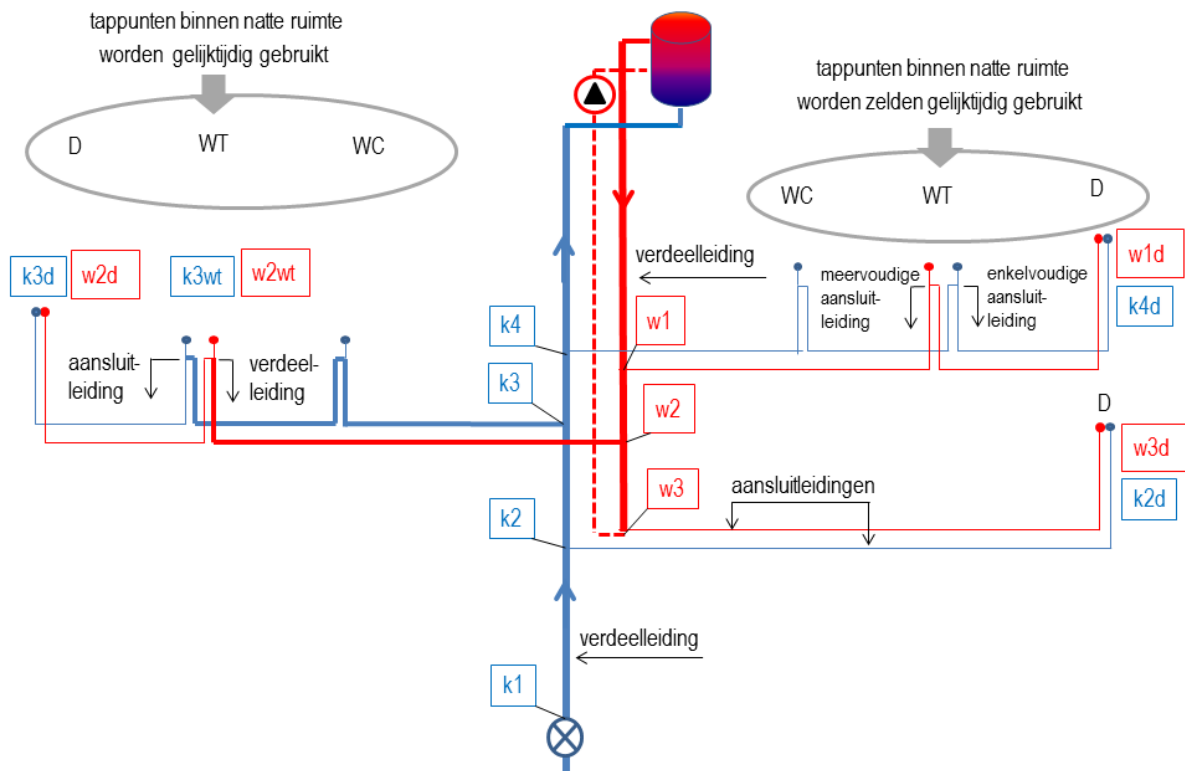
De autoriteit van de douche-aansluitleiding ( $A_{AI}$ ) wordt als volgt gekozen [9]:

$$A_{AI} = \frac{\Delta p_{AI}}{\Delta p_{AI} + \Delta p_{VI}} > 0,5 \quad \text{ofwel: } \Delta p_{AI} > \Delta p_{VI}$$

waarin:

$\Delta p_{AI}$  is het ontwerpdrukverlies in de (douche-)aansluitleiding

$\Delta p_{VI}$  is het ontwerpdrukverlies in het verdeelingsysteem (tot aan het punt waarop de aansluitleiding op het verdeelingsysteem is aangesloten)



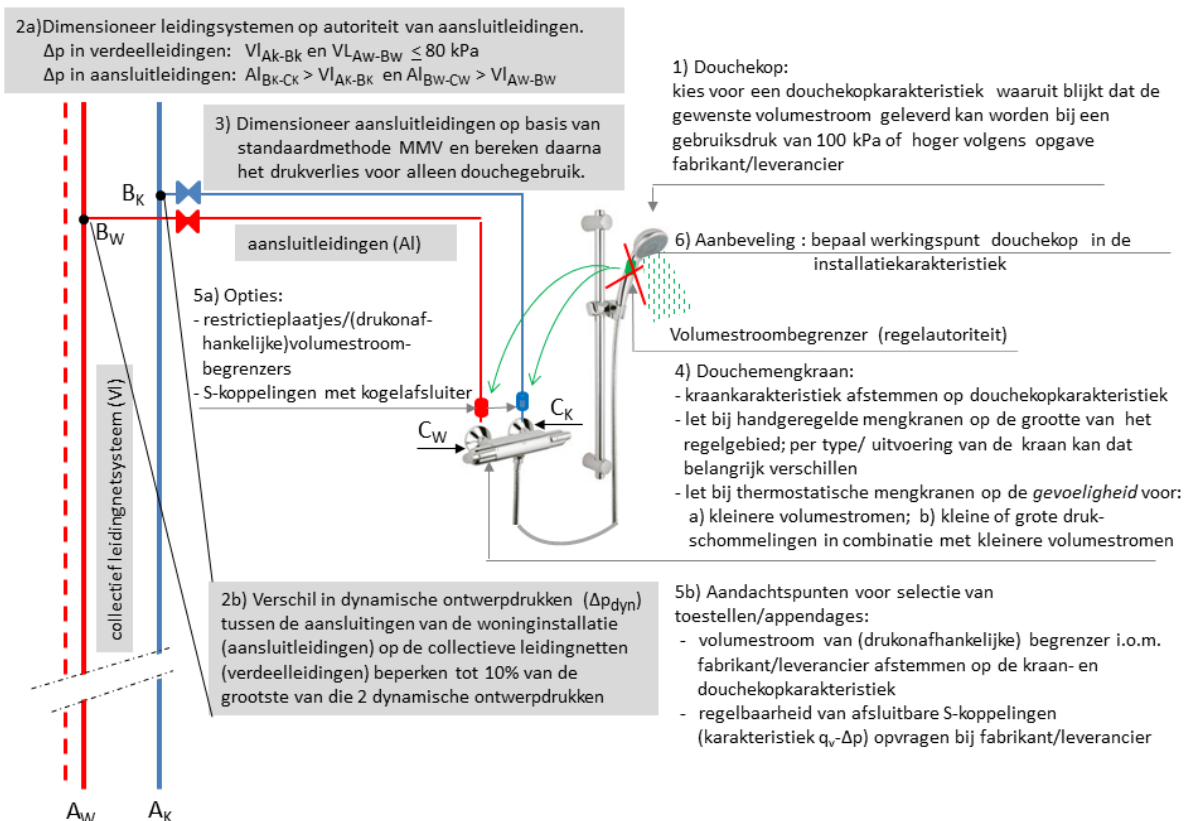
$A_{AI(k4-k4d)} = \frac{\Delta p_{AI(k4-k4d)}}{\Delta p_{AI(k4-k4d)} + \Delta p_{VI(k1-k4)}} > 0,5$ <p>ofwel: <math>\Delta p_{AI(k4-k4d)} &gt; \Delta p_{VI(k1-k4)}</math></p> <p>(geldt ook voor de andere formules)</p>	$A_{AI(w1-w1d)} = \frac{\Delta p_{AI(w1-w1d)}}{\Delta p_{AI(w1-w1d)} + \Delta p_{VI(k1-w1)}} > 0,5$
$A_{AI(k2-k2d)} = \frac{\Delta p_{AI(k2-k2d)}}{\Delta p_{AI(k2-k2d)} + \Delta p_{VI(k1-k2)}} > 0,5$	$A_{AI(w3-w3d)} = \frac{\Delta p_{AI(w3-w3d)}}{\Delta p_{AI(w3-w3d)} + \Delta p_{VI(k1-w3)}} > 0,5$
$A_{AI(k3wt-k3d)} = \frac{\Delta p_{AI(k3wt-k3d)}}{\Delta p_{AI(k3wt-k3d)} + \Delta p_{VI(k1-k3wt)}} > 0,5$	$A_{AI(w2wt-w2d)} = \frac{\Delta p_{AI(w2wt-w2d)}}{\Delta p_{AI(w2wt-w2d)} + \Delta p_{VI(k1-w2wt)}} > 0,5$

*Figuur 7.2 Voorbeelden van leidingconfiguraties met verdeelleidingen VI (dikke(re) lijnen) en aansluitleidingen AI (dunne lijnen), met daarbij de wijze waarop de autoriteit A van de douche-aansluitleidingen gekozen wordt.*

**Toelichting:** Wordt ervan uitgegaan dat de tappunten binnen de natte ruimte niet gelijktijdig gebruikt worden, dan spreken we van een meervoudige aansluitleiding. In het voorbeeld rechts bovenaan komt de autoriteit te liggen bij de KW-(meervoudige)aansluitleiding k4-k4d. Links is eenzelfde leidingconfiguratie, maar dan wordt ervan uitgegaan dat tappunten wel gelijktijdig gebruikt worden. De autoriteit komt dan te liggen bij de KW-aansluitleiding k3wt-k3d. Het overgangspunt is dan niet de aansluiting op de verdeelleiding van het collectief leidingnet (k3) maar de aansluiting op de verdeelleiding in de natte ruimte (k3wt).

## 8 Praktische (ontwerp)richtlijnen

Met de resultaten en inzichten uit deze voorstudie zijn richtlijnen te herleiden voor het ontwerpen van collectieve leidingwaterinstallaties, en van daarop aangesloten woninginstallaties, waarin drukschommelingen aan de inlaten van douchemengkranen kunnen worden beheerst en temperatuurschommelingen van het mengwater uit de douchekop binnen aanvaardbare grenzen kunnen worden gehouden. Figuur 8.1 geeft een overzicht van die richtlijnen in een nummervolgorde die vervolgens wordt toegelicht.



Figuur 8.1 Overzicht van richtlijnen voor ontwerp leidingwaterinstallaties waarin drukschommelingen aan de inlaten van douchemengkraan voor huishoudelijk gebruik kunnen worden beheerst en waarmee temperatuurschommelingen van het mengwater uit de douchekop beperkt kunnen worden.

### 8.1 Douchekop

Selecteer een douchekop met een karakteristiek waaruit blijkt dat de gewenste volumestroom geleverd kan worden bij een gebruiksdruk van 100 kPa, tenzij de fabrikant/leverancier een hogere gebruiksdruk voorschrijft.

## 8.2 Dimensionering collectieve leidingsystemen

Beperk het drukverlies in de collectieve leidingnetten (tot aan de aansluitleidingen van de woningen/hotelkamers). Richtlijn: niet hoger dan 80 kPa. Dit drukverlies moet ook nog eens keer in de aansluitleidingen worden gerealiseerd i.v.m. de autoriteit van deze leidingen. Het totale dynamisch drukverlies waarmee rekening moet worden gehouden is dus ten minste het dubbele van die in de collectieve leidingnetten.

Zorg dat het verschil in dynamische ontwerpdrukken ( $\Delta p_{\text{dyn}}$ ) tussen de aansluitingen van de woningen/hotelkamers op de collectieve leidingnetten beperkt is. Als richtlijn kan tot 10%\* van de grootste van die twee dynamische ontwerpdrukken worden aangehouden.

\* Bij toepassing van een hydraulisch werkende heetwater-beveiliging in de woningaansluitingen, zoals beschreven in Waterwerkblad WB 4.4B, moet de dynamisch druk van koudwater 50-80 kPa hoger zijn dan van warmwater.

## 8.3 Dimensionering aansluitleidingen

Kies voor een leidingconfiguratie waarbij in de woning/badkamer de invloed van het vullen van bijvoorbeeld een closetreservoir tijdens douchegebruik tot een minimum beperkt blijft. Voorkom in aansluitleidingen te hoge stroomsnelheden ( $< 1,5$  m/s) en let daarbij vooral ook op de doorlaten in hulpstukken. Dimensioneer de aansluitleidingen (woninginstallatie/badkamergroep) vanaf het collectief leidingnet met een MMV volgens een gebruikelijke methode. Bereken daarna het drukverlies vanaf het collectief leidingnet tot aan de douchemengkraan op basis van alleen het gebruik van de douche met de deelstromen koud- en warmwater (bij de gekozen rekenwaarden van temperatuur). Deze zijn te herleiden uit de gewenste mengwatervolumestroom en mengwatertemperatuur aan de douchekop.

## 8.4 Douchemengkraan

Selecteer een douchemengkraan waarvan bij volledige opening de karakteristiek ruim boven het (ontwerp)werkingspunt van de douchekop ligt. De grootte van het regelgebied van handgeregelde mengkranen verschilt per type en uitvoering. Voor een veilige en comfortabele temperatuurcorrectie tijdens douchen is een groot regelgebied gunstig. Afhankelijk van type en uitvoering kan de mengwatertemperatuur van thermostatisch geregelde mengkranen bij kleinere volumestromen of bij kleine - of grote drukschommelingen in combinatie met kleinere volumestromen afwijken van de normwaarden vastgelegd in de betreffende Europese productnorm. Informeer bij de fabrikant/leverancier bij welke volumestromen en drukschommelingen de mengwaterwatertemperatuur binnen de normen valt van de meest recente EN 1111.

## 8.5 Volumestroombegrenzers

Het drukverlies in de aansluitleidingen is (bij alleen douchegebruik) veelal te gering waardoor de aansluitleidingen niet de gewenste autoriteit hebben. Door plaatsing van hydraulische weerstanden in de aansluitpoorten van de douchemengkraan kan extra drukverlies worden gecreëerd zodat de autoriteit komt te liggen bij de aansluitleiding en (vanaf de verdeelleidingen tot op de

douchemengkraan) inclusief de daaraan gekoppelde extra weerstand. Voldaan moeten worden aan:  
drukverlies in  $Al_{BK-CK} > Vl_{AK-BK}$  en in  $Al_{BW-CW} > Vl_{AW-BW}$ .

Hydraulische weerstanden zijn bijvoorbeeld:

*Restrictieplaatjes:* dit zijn eenvoudige hydraulische weerstanden welke niet recht evenredig met drukverandering een verandering in volumestroom geven (niet nauwkeurig dynamisch). Er zal een passende restrictie voor de situatie moeten worden gezocht (karakteristieken van de geselecteerde douchekop en mengkraan);

*Afsluitbare S-koppelingen:* de karakteristiek moet worden opgevraagd bij de fabrikant/leverancier en afgestemd op de karakteristieken van de geselecteerde douchekop en mengkraan. Bij plaatsing moet de (kogel)afsluiter worden ingeregeld en in een vaste positie worden gefixeerd. De werking is niet dynamisch;

*Drukafhankelijke volumestroombegrenzers:* deze werken vanaf de aanspreekdruk (ca. 150 à 200 kPa) dynamisch en passen zich automatisch en zeer nauwkeurig aan op drukveranderingen in de installatie, zowel bij toenemende als afnemende druk. Geen inregeling dus bij montage. Toepassing van drukafhankelijke volumestroombegrenzers moet plaatsvinden in overleg met de fabrikant/leverancier en in afstemming met de karakteristieken van de geselecteerde douchekop en mengkraan. In Kiwa BRL-K635 zijn de eisen vastgelegd waar een goed functionerende drukafhankelijke volumestroombegrenzer aan moet voldoen.

Voor een zo goed mogelijke temperatuurstabilisatie is het volgende van belang:

- een snelle en nauwkeurige reactie van hydraulische weerstand op drukverschillen in de leidingen;
- een even goede werking van dit mechanisme bij zowel toenemende als afnemende druk met als resultaat dat de volumestroom bij toenemende druk nauwelijks ( maximaal 5% ) afwijkt van de volumestroom bij dezelfde steekwaarde bij afnemende druk. Zie Kiwa BRL-K635.

Gecertificeerde drukafhankelijke volumestroombegrenzers voldoen aan die eisen.

## **8.6 Aanbeveling: Bepaal werkingpunt van douchekop in de installatiekarakteristiek**

### *8.6.1 Douchekop*

Plaats de douchekopkarakteristiek (verband tussen gebruiksdruk en volumestroom in een kromme opgaande lijn) volgens opgave fabrikant in een uit te werken grafische weergave van de installatiekarakteristiek (zie als voorbeeld lijn 9 in figuur 8.2). Zet op die lijn het (ontwerp)-werkingpunt. Wanneer de douchekop meerdere straalvormen levert moeten de minst en de meest vlakke karakteristiek getoetst worden met de installatiekarakteristiek.

### *8.6.2 Dimensionering collectieve leidingsystemen*

Zet op de verticale as van de installatiekarakteristiek, vanaf de punten van de statische drukken (ter plaatse van de aansluitingen van de douchemengkraan) de resultaten van de drukverliesberekeningen. Houd rekening met het statische drukhoogteverschil tussen de mengkraan en de douchekop (zie voorbeeld figuur 8.2).



#### 8.6.3-4 Dimensionering aansluitleidingen / Douchemengkraan

Plaats van koudwater (KW) en warmwater (WW) de som van de karakteristieken van de aansluitleiding en douchemengkraan in de installatiekarakteristiek (in figuur 8.2 zijn dat de lijnen 1 en 4).

#### 8.6.5 Volumestroombegrenzers

Zet van koudwater (KW) en warmwater (WW) de som van de karakteristieken van de aansluitleiding, douchemengkraan en begrenzer in de installatiekarakteristiek (lijnen 2 en 5 in figuur 8.2).

#### 8.6.6 Werkingspunt douchekop

Completeer de installatiekarakteristiek met de koud- en warmwater deelkarakteristieken van de douchekop (lijnen 11 en 12 in figuur 8.2). Bepaal vanaf de snijpunten van deze deelkarakteristieken met de horizontale lijn van de geplande gebruiksdruk (bijv. 100 kPa) de samengestelde karakteristieken (aansluitleiding + begrenzer + gedeeltelijk geopende kraan) van koud- (KW) en warmwater (WW), (lijnen 3 en 6 in figuur 8.2). De verschuiving van de snijpunten met lijnen 2 en 3 op lijn 11 laat de regeling zien van het KW-kraanregeldeel en voor het WW-kraanregeldeel is dat op lijn 12 de verschuiving van de snijpunten met de lijnen 5 en 6.

### 8.7 Voorbeeld van bepaling werkingpunt douchekop in installatiekarakteristiek met dynamische druk op Bk/Bw van circa 200 kPa

De drukverliezen in de verdeelingsystemen van koudwater ( $V_{Ak-Bk}$ ) en warmwater ( $V_{Aw-Bw}$ ) zijn berekend op 73 kPa bij punt B<sub>K</sub> 70 kPa bij punt B<sub>W</sub>.

Voor de autoriteit van de aansluitleidingen (Al) moeten de drukverliezen daarin (afgerond) meer dan 75 kPa zijn ( $> 73$  kPa en  $> 70$  kPa).

De drukverliezen in de aansluitleidingen zijn echter berekend op:

2,77 kPa voor Al<sub>Bk-ck</sub> en 12,24 kPa voor Al<sub>Bw-ck</sub>

In de aansluitingen op de douchemengkraan moeten daarom begrenzers worden opgenomen om de vereiste drukverliezen te kunnen realiseren voor de autoriteit van de aansluitleidingen.

De extra drukverliezen die ten minste gerealiseerd moeten worden zijn:

75 kPa - 2,77 kPa = 72,23 kPa bij 0,084 l/s in de KW-aansluiting; en

75 kPa - 12,24 kPa = 62,76 kPa bij 0,106 l/s in de WW-aansluiting.

Daarvoor kunnen bijvoorbeeld aangepaste afsluitbare S-koppelingen (met ingebouwde kogelafsluiter in een vaste positie), worden toegepast.

*Opmerking: Met de keuze van de uitvoering van de begrenzer moet rekening worden gehouden met de akoestische gevolgen ervan.*

In de installatiekarakteristiek van figuur 8.2 zijn weergegeven de karakteristieken van:

- douche-aansluitleidingen met volledig geopende douchemengkraan (1) en (4);
- douche-aansluitleidingen met begrenzers en volledig geopende douchemengkraan (2) en (5);
- douche-aansluitleidingen met begrenzers en regeling aan douchemengkraan (3) en (6);
- koudwaterdeel volumestroom (KW) douchekop (11);
- warmwaterdeel volumestroom (WW) douchekop (12);
- mengwatervolumestroom (MW) douchekop (9).

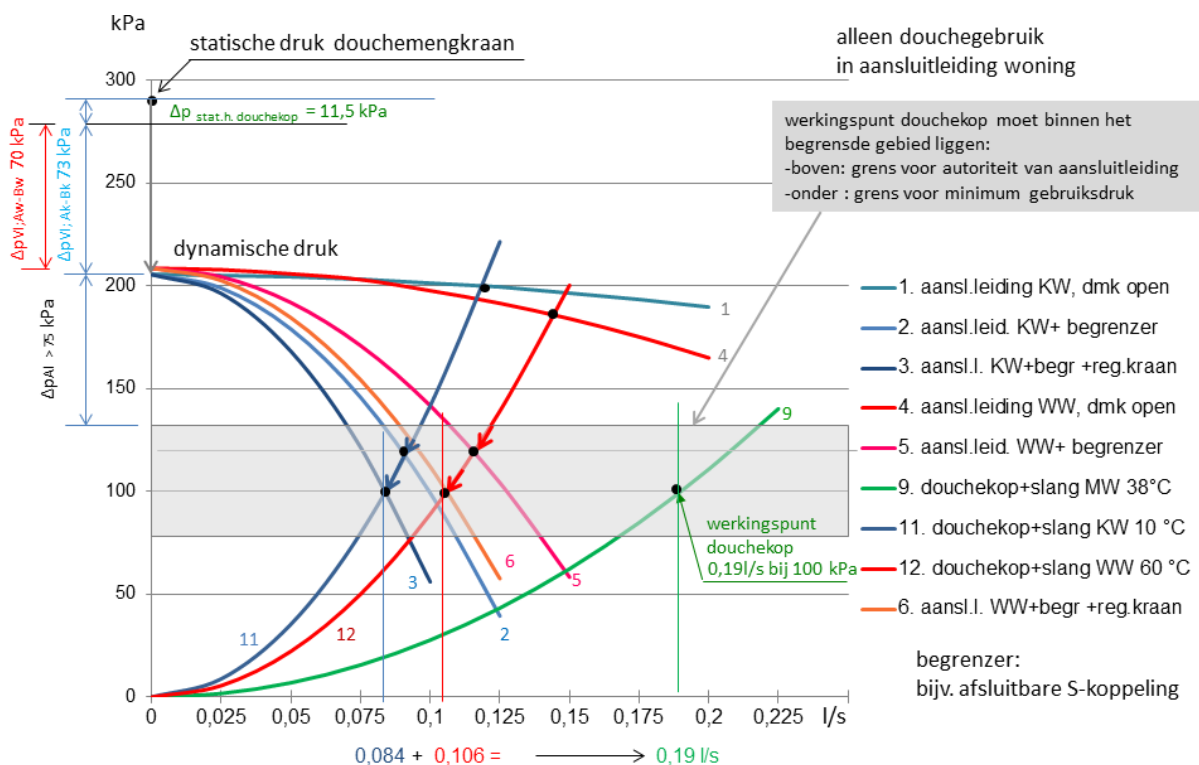
In de installatiegrafiek is vervolgens het begrensde gebied aangegeven waar binnen het werkingsspunt van de douchekop moet liggen opdat voldaan wordt aan de autoriteit van de douche-aansluitleidingen en aan de minimum gebruiksdruk van de douchekop (opgave fabrikant/leverancier).

De werkingsspunten KW (snijpunten van lijnen 1 en 11) en WW (snijpunten van lijnen 4 en 12) liggen buiten dat gebied.

De werkingsspunten KW (snijpunten van lijnen 2 en 11) en WW (snijpunten van lijnen 5 en 12) liggen binnen dat gebied.

Door regeling aan de mengkraan verschuiven de werkingsspunten KW 2-11 naar KW 3-11 en WW 5-12 naar WW 6-12 voor het verkrijgen van de juiste mengwatertemperatuur (MW).

Het begrensde gebied laat tolerantie toe ten aanzien van de volumestroom en ontwerp-gebruiksdruk van de douchekop. Die tolerantie is ook nodig voor wisselende koudwatertemperaturen.



Figuur 8.2 Grafische weergave installatiekarakteristiek. Het werkingsspunt van de douchekop ligt binnen het begrensde gebied. Er wordt voldaan aan de gekozen autoriteit van de douche-aansluitleidingen en de gekozen ontwerp-gebruiksdruk. Begrenzers: aangepaste afsluitbare S-koppeling met ingebouwde kogelafsluiter.

### 8.8 Voorbeeld van bepaling werkingsspunt douchekop in installatiekarakteristiek met dynamische druk op Bk/Bw van > 200 kPa

Op lager gelegen verdiepingen van hoogbouw (met drukverhogingsinstallatie) is de dynamische druk op de aansluitingen Bk en Bw veelal hoger dan 200 kPa. Het werkingssgebied van drukonafhankelijke volumestroombegrenzers begint vanaf een dynamische druk van 150 à 200 kPa.

In dit voorbeeld wordt uitgegaan van een dynamische ontwerpdruk van circa 450 kPa.

De drukverliezen in de verdeel­leidings­systemen zijn kleiner dan in bovenstaand voorbeeld omdat de aansluitingen (Bk en Bw) op een kortere afstand liggen vanaf het begin van de installatie (technische ruimte).

De drukverliezen in de verdeel­leidings­systemen van koudwater ( $V_{AK-Bk}$ ) en warmwater ( $V_{AW-Bw}$ ) zijn berekend op 45,5 kPa bij punt BK 44,3 kPa bij punt BW.

Voor de autoriteit van de aansluit­leidingen (Al) moeten de drukverliezen daarin (afgerond) meer dan 50 kPa zijn ( $> 45,5$  kPa en  $> 44,3$  kPa).

De drukverliezen in de aansluit­leidingen zijn (zoals ook in bovenstaande voorbeeld) echter berekend op: 2,77 kPa voor  $Al_{Bk-Ck}$  en 12,24 kPa voor  $Al_{Bw-Ck}$

In de aansluitingen van de douchemengkraan moeten daarom begrenzers worden opgenomen om de vereiste drukverliezen te kunnen realiseren voor de autoriteit van de aansluit­leidingen.

De extra drukverliezen die ten minste gerealiseerd moeten worden zijn:

$50 \text{ kPa} - 2,77 \text{ kPa} = 47,23 \text{ kPa}$  bij 0,084 l/s in de KW-aansluiting; en

$50 \text{ kPa} - 12,24 \text{ kPa} = 37,76 \text{ kPa}$  bij 0,106 l/s in de WW-aansluiting.

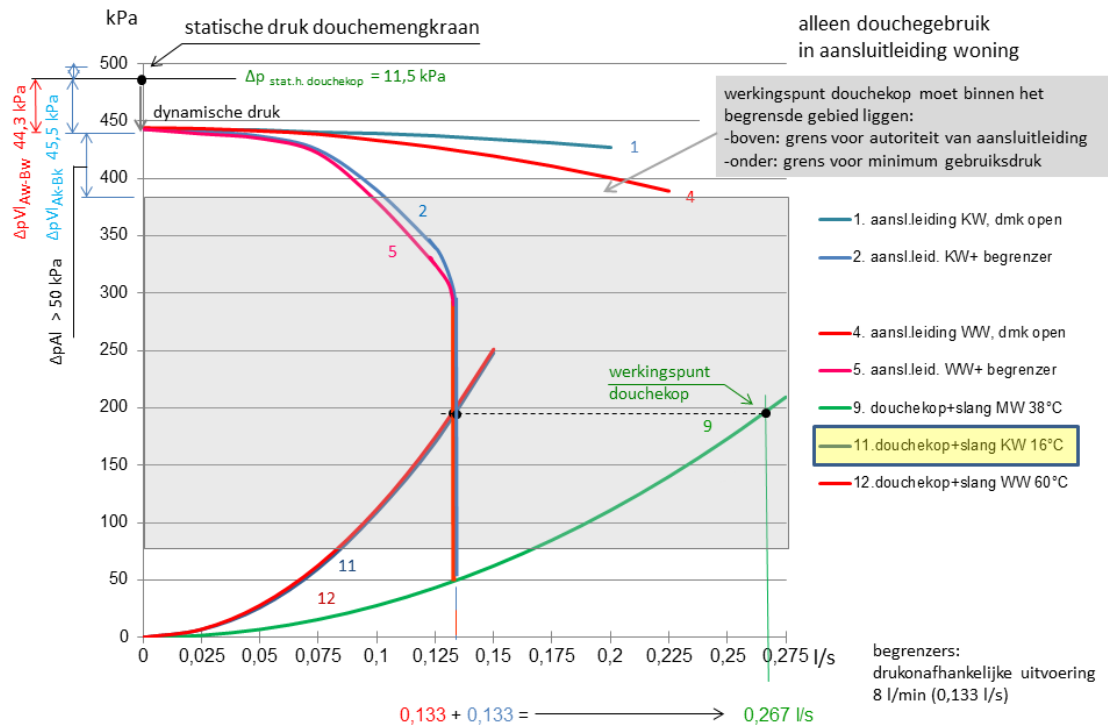
Maar vanwege de hogere gebruiks­drukken op de douchemengkraan in de lager gelegen woning/badkamer en de gewenste beperking van de gebruiks­druk op de douchekop, en daarmee van de volumestroom, wordt gekozen voor het realiseren van grotere ontwerp­druk­verliezen in de aansluitingen van de douchemengkraan.

Daarvoor kunnen drukonafhankelijke volumestroom­begrenzers worden toegepast.

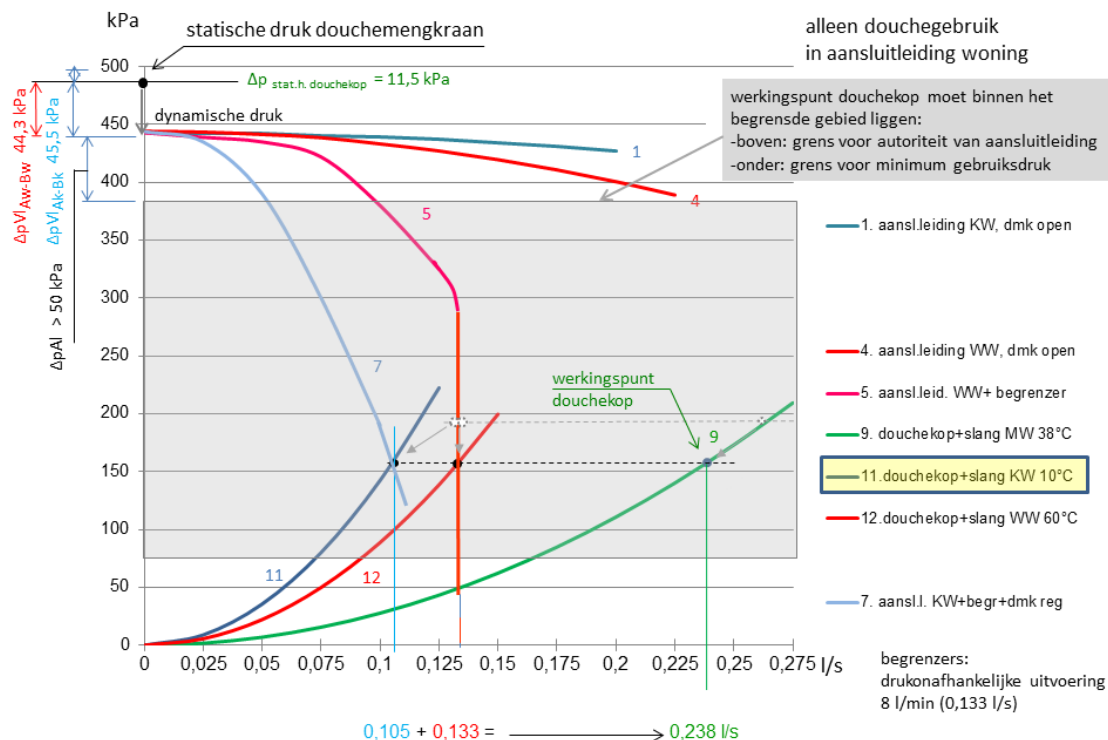
Deze zijn er in verschillende reeksen van capaciteit. In dit voorbeeld is gekozen voor een nominale waarde van 8 l/min (0,133 l/s) in beide aansluitingen (KW en WW).

In de installatie­karakteristiek van de figuren 8.3 t/m 8.5 zijn leiding- en toestel­karakteristieken weergegeven zoals benoemd in bovenstaand voorbeeld par. 8.7. In figuur 8.3 zijn de KW- en WW-volumestromen door drukonafhankelijke volumestroom­begrenzers begrensd op 0,133 l/s (8 l/min). Bij KW van 16 °C, WW van 60 °C en MW van 38 °C bedraagt de MW-volumestroom maximaal 0,267 l/s bij een ontwerp-gebruiks­druk aan de douchekop van iets onder 200 kPa. In figuur 8.4 is de KW-temperatuur 10 °C. Begrenzing van WW (60 °C) op 0,133 l/s vraagt dan bij MW van 38 °C een kleinere KW-volumestroom. De nominale waarde van de KW-volumestroom­begrenzer wordt dan niet bereikt. Lijn 7 laat zien dat met het KW-regel­deel van de douchemengkraan die kleinere volumestroom (0,105 l/s) wordt gerealiseerd. De MW-volumestroom van 38 °C wordt begrensd op  $(0,105 + 0,133 =) 0,238$  l/s. De ontwerp-gebruiks­druk aan de douchekop is dan ca. 160 kPa. In figuur 8.5 is de KW-temperatuur 20 °C. Dan is minder WW-volumestroom (60 °C) nodig en wordt de KW-volumestroom begrensd op 0,133 l/s. Nu wordt de nominale waarde van de WW-volumestroom­begrenzer niet bereikt. Lijn 5 laat zien dat met het WW-regel­deel van de douchemengkraan die kleinere volumestroom (0,109 l/s) wordt gerealiseerd. De MW-volumestroom van 38 °C wordt begrensd op  $(0,109 + 0,133 =) 0,242$  l/s. De ontwerp-gebruiks­druk aan de douchekop is iets meer dan 160 kPa.

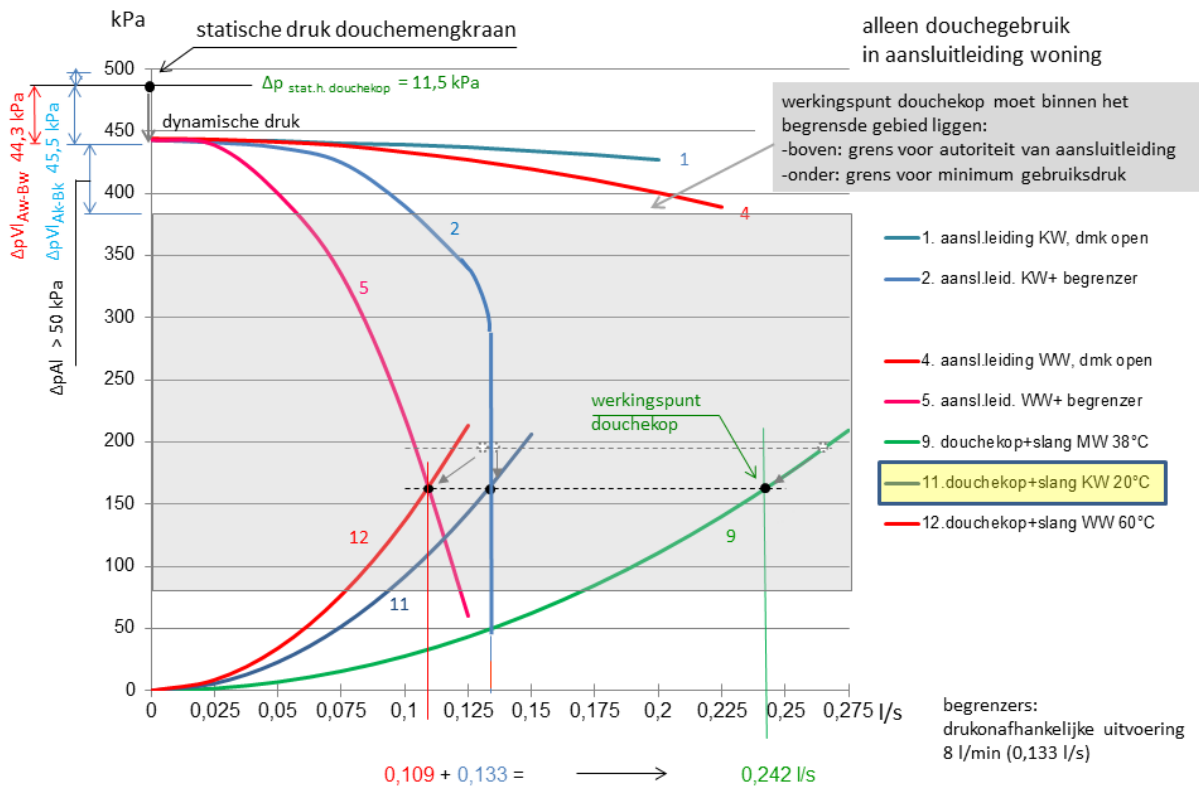
De aangegeven gebieden waar binnen het werking­spunt van de douchekop moet liggen opdat voldaan wordt aan de autoriteit van de douche-aansluit­leidingen en aan de minimum gebruiks­druk van de douchekop zijn logischerwijs veel groter dan het voorbeeld van figuur 8.2.



Figuur 8.3 Grafische weergave installatiekarakteristiek met KW van 16 °C en drukonafhankelijke volumestroombegrenzers. Het werkingpunt van de douchekop ligt binnen het begrensde gebied. Er wordt voldaan aan de gekozen autoriteit van de douche- aansluitleidingen.



Figuur 8.4 Grafische weergave installatiekarakteristiek met KW van 10 °C en drukonafhankelijke volumestroombegrenzers. De drukonafhankelijke functie van de KW-volumestroombegrenzer wordt niet aangesproken. Het werkingpunt van de douchekop ligt binnen het begrensde gebied. Er wordt voldaan aan de gekozen autoriteit van de douche- aansluitleidingen.



Figuur 8.5 Grafische weergave installatiekarakteristiek met KW van 20 °C en drakonafhankelijke volumestroombegrenzers. De drakonafhankelijke functie van de WW-volumestroombegrenzer wordt niet aangesproken. Het werkingpunt van de douchekop ligt binnen het begrenste gebied. Er wordt voldaan aan de gekozen autoriteit van de douche-aansluitleidingen.

## BIJLAGE 1 Referenties

1. Will Scheffer, 'Invloed drukonafhankelijke volumestroombegrenzers op de regelbaarheid van een tweegreeps-douchemengkraan', Achtergrondrapport A1 t.b.v. Voorstudie ST-35, TVVL/Uneto-VNI, versie februari 2015.
2. Will Scheffer, 'Hoe groot is de veiligheid van (thermostatische)mengkranen?', Achtergrondrapport A2 t.b.v. Voorstudie ST-35, TVVL/Uneto-VNI, versie februari 2015.
3. Will Scheffer, 'Installatiekarakteristiek voor het bepalen van het werkingpunt van een douchekop', Achtergrondrapport A3 t.b.v. Voorstudie ST-35, TVVL/Uneto-VNI, versie februari 2015.
4. Will Scheffer, 'Uitwerking keuze autoriteit douche-aansluitleidingen aangesloten op de collectieve leidingwaterinstallatie van een hotel', Achtergrondrapport A4 t.b.v. Voorstudie ST-35, TVVL/Uneto-VNI, versie augustus 2016.
5. Will Scheffer, 'Drukonafhankelijke volumestroombegrenzers in een toevoerleiding', Notitie TVVL, februari 2015
6. Will Scheffer, 'Autoriteit van douche-aansluitleidingen', Notitie TVVL, februari 2015
7. Will Scheffer, 'Bepaling werkingpunt douchekop op de installatiekarakteristiek', Notitie TVVL als aanvulling op Achtergrondrapport A3, februari 2015
8. Will Scheffer, 'Temperatuurwisselingen tijdens douchen een langspeend probleem', Notitie TVVL, februari 2015
9. Giancarlo Cavegn, Benjamin Suter, 'Optimale Verteilsysteme von Verteiler bis und mit Armatur', Bachelor-Diplomarbeit BDA-G-12-7 an der Abteilung Gebäudetechnik, Hochschule Luzern, juni 2012.
10. Lukas Nyffenegger, Thomas Wattering, Reto von Euw, 'Neue Erkenntnisse für die richtige Dimensionierung', Haustech 3-2012
11. Reto von Euw, Giancarlo Cavegn, Benjamin Suter, 'Wassersparbrausen bringen die Sanitärbranche ins Schwanken', Hochschule Luzern, 3-2013.
12. CEN/TC164, prEN 1111:2015 'Sanitary Tapware - Thermostatic Mixing Valves (PN10) - General Technical Specification'

## BIJLAGE 2 Laboratoriummetingen thermostatische douchemengkraan

KIWA Rijswijk heeft een thermostatische mengkraan, zoals aanwezig in het gemeten object, getest bij volumestromen van 100%, 50% en 25 %. Dit komt overeen met 23,6, 11,8 en 6,1 l/min. De volumestromen zijn geregeld met een afsluiter in de mengwaterleiding.

Bij een constante temperatuur van koud- en warmwater zijn drukvariaties gecreëerd waarbij gebruiksdrukken van ca. 50kPa, 100kPa, 200kPa, 300kPa en 500kPa zijn gebruikt. Er zijn steeds 3 testcycli uitgevoerd waarbij de drukvariaties zijn aangebracht in de koud- of warmtapwaterleiding.

Tabel B2.1 geeft de resultaten weer van de variaties in mengwatertemperatuur bij verschillende drukvariaties in de koud- en warmwaterleiding en een mengwatervolumestroom van 23,6 l/min. De temperatuurafwijking bij een drukverlaging van 100 kPa in de koudwaterleiding is gemiddeld 2 K en bij een drukverlaging van 100 kPa in de warmwaterleiding is de temperatuurafwijking gemiddeld 0,4 K.

**Tabel B2.1 Mengwatertemperatuur bij verschillende drukvariaties in de koud- en warmwaterleiding bij een mengwatervolumestroom van 23,6 l/min**

### Cold water pressure changes

Change	Test 1			Test 2			Test 3			Av. mixed temp.
	Press. hot	Press. cold	Mixed temp.	Press. hot	Press. cold	Mixed temp.	Press. hot	Press. cold	Mixed temp.	
1	305	202	41,6	304	196	41,5	305	202	41,7	41,6
2	310	99	42,5	302	105	42,1	303	100	42,3	42,3
3	308	49	41,4	310	50	42,5	310	51	41,3	41,4
4	303	296	39,7	302	294	39,5	302	299	39,5	39,6
5	308	508	37,9	306	505	37,7	307	500	37,8	37,8
6	301	304	39,6	303	304	39,6	304	304	39,5	39,6

### Hot water pressure changes

Change	Test 1			Test 2			Test 3			Av. mixed temp.
	Press. hot	Press. cold	Mixed temp.	Press. hot	Press. cold	Mixed temp.	Press. hot	Press. cold	Mixed temp.	
1	205	308	38,8	207	310	38,8	205	302	38,8	38,8
2	98	307	37,4	103	303	37,9	105	310	37,7	37,7
3	51	310	36,6	51	305	37,0	310	49	36,3	36,6
4	310	307	39,1	308	296	39,3	300	303	39,3	39,2
5	508	298	41,3	504	295	41,3	510	301	40,9	41,2
6	306	308	39,4	306	301	39,4	304	308	39,0	39,3

Tabel B2.2 geeft de resultaten weer van de variaties in mengwatertemperatuur bij verschillende drukvariaties in de koud- en warmwaterleiding en een mengwatervolumestroom van 6,1 l/min. Wordt de mengwatervolumestroom verlaagd naar 6,1 l/min dan is temperatuurafwijking bij een drukverlaging van 100 kPa in de koudwaterleiding gemiddeld 4,8 K en bij een drukverlaging van 100 kPa in de warmwaterleiding gemiddeld 2,3 K.

**Tabel B2.2 Mengwatertemperatuur bij verschillende drukvariaties in de koud- en warmwaterleiding bij een mengwatervolumestroom van 6,1 l/min**

**Cold water pressure changes**

Change	Test 1			Test 2			Test 3			Av. mixed temp.
	Press. hot	Press. cold	Mixed temp.	Press. hot	Press. cold	Mixed temp.	Press. hot	Press. cold	Mixed temp.	
1	299	204	44,1	308	200	44,4	305	202	43,9	44,1
2	304	98	43,7	306	105	44,1	308	104	43,8	43,9
3	306	48	43,9	306	49	43,2	306	51	43,6	43,6
4	298	307	39,2	306	305	39,6	301	305	39,1	39,3
5	299	508	37,3	306	494	37,4	301	505	37,1	37,3
6	298	307	39,5	304	307	39,5	301	306	39,5	39,5

**Hot water pressure changes**

Change	Test 1			Test 2			Test 3			Av. mixed temp.
	Press. hot	Press. cold	Mixed temp.	Press. hot	Press. cold	Mixed temp.	Press. hot	Press. cold	Mixed temp.	
1	203	306	37,1	205	309	37,1	206	305	37,1	37,1
2	104	300	35,8	103	308	35,4	105	304	35,6	35,6
3	51	302	34,7	49	308	35,3	48	307	34,9	35,0
4	302	302	39,5	301	302	39,5	30	307	39,4	39,4
5	499	306	43,1	501	301	43,2	503	307	43,3	43,2
6	306	305	39,6	303	298	39,1	302	304	39,3	39,3

Een verlaging van de mengwatervolumestroom beïnvloed dus nadelig de regelnaauwkeurigheid van een thermostatische douchemengkraan.

prEN 1111:2015 - Bijlage C

In de Europese norm prEN 1111:2015 voor thermostatische mengkranen voor huishoudelijk gebruik, zijn eisen opgenomen voor het temperatuurverloop bij druk- en temperatuurvariaties in de koud- en warmwaterleiding.

Voor deze eisen voorziet de prEN 1111:2015 in bijlage C in een weergave van curves waaraan moet worden voldaan, zie figuren B2.1 en B2.2

Deze curves zijn ook van toepassing op thermostatische douchemengkranen. De mengwatertemperatuur  $\Theta_{mix}$  mag niet langer dan 1 s ( $t_2-t_1$ ) afwijken van de ingestelde temperatuur  $\Theta_0$  met een amplitude van meer dan  $\Theta_x = 3$  K. 5 s na aanvang van de drukschommeling ( $t_3-t_0$ ) mag de mengwatertemperatuur niet meer verschillen dan 2 K van de ingestelde temperatuur ( $\Theta_0$ ), en niet meer schommelen dan 1 K<sub>pp</sub>.

Er wordt getest met koudwatertemperaturen tussen 10 en 15°C en warmwatertemperaturen tussen 60 en 65°C, ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ).  $\Delta T$  moet 50 K zijn en de druk voor de mengkraan 300 kPa, ( $\pm 20$  kPa). De temperatuurstabiliteit wordt bepaald bij een mengwatertemperatuur van 38 °C en een volumestroom van 13 l/min.

De koudwaterdruk wordt verlaagd van 300 kPa naar 250 kPa.



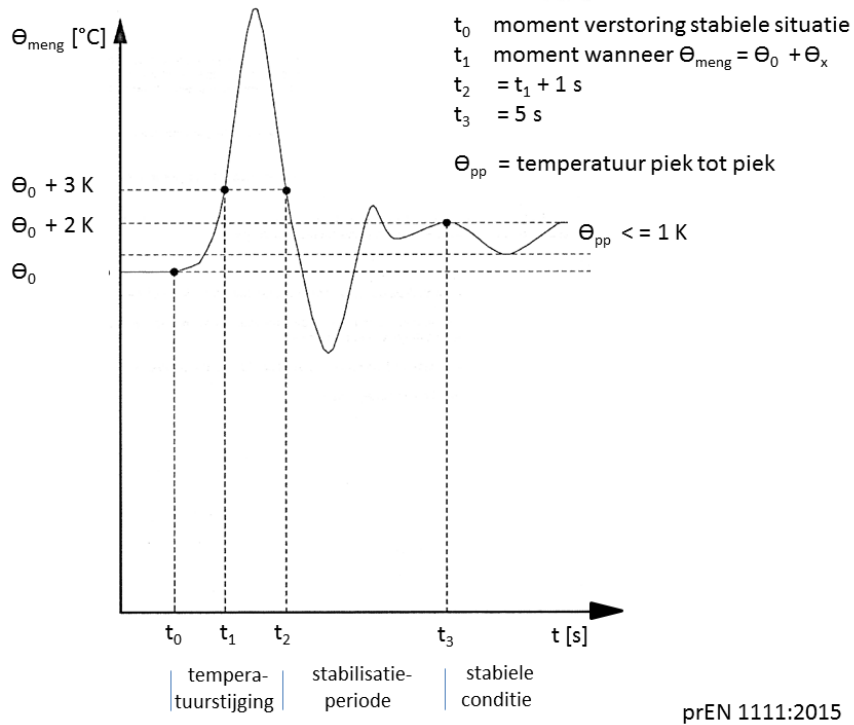


Fig. B2.1 Bijlage C van prEN 1111:2015 - Stijgend temperatuurverloop, van thermostatische mengkraan voor sanitair huishoudelijk gebruik, als gevolg van drukschommelingen in de koud- of warmwaterleiding.

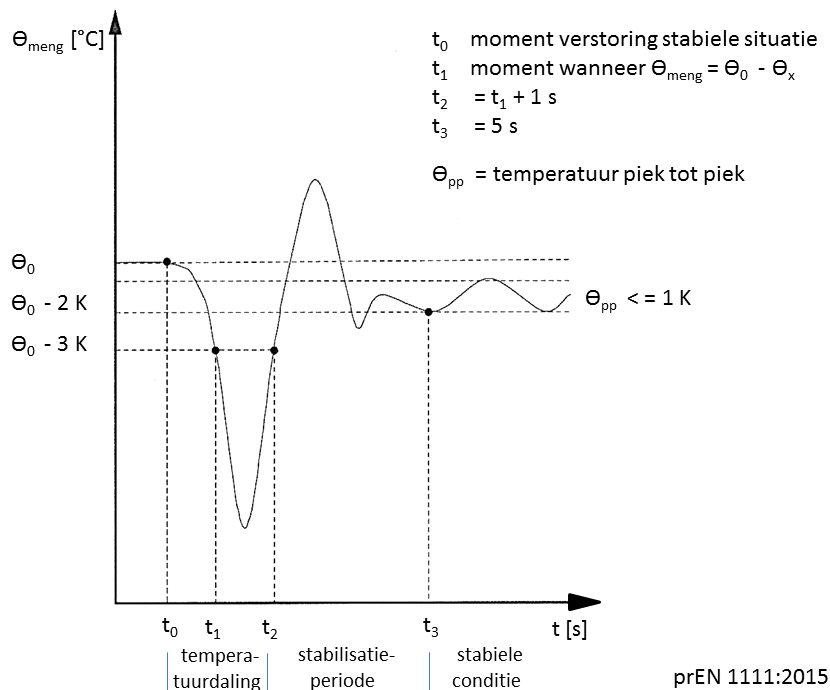


Fig. B2.2 Bijlage C van prEN 1111:2015 - Dalend temperatuurverloop, van thermostatische mengkraan voor sanitair huishoudelijk gebruik, als gevolg van drukschommelingen in de koud- of warmwaterleiding.

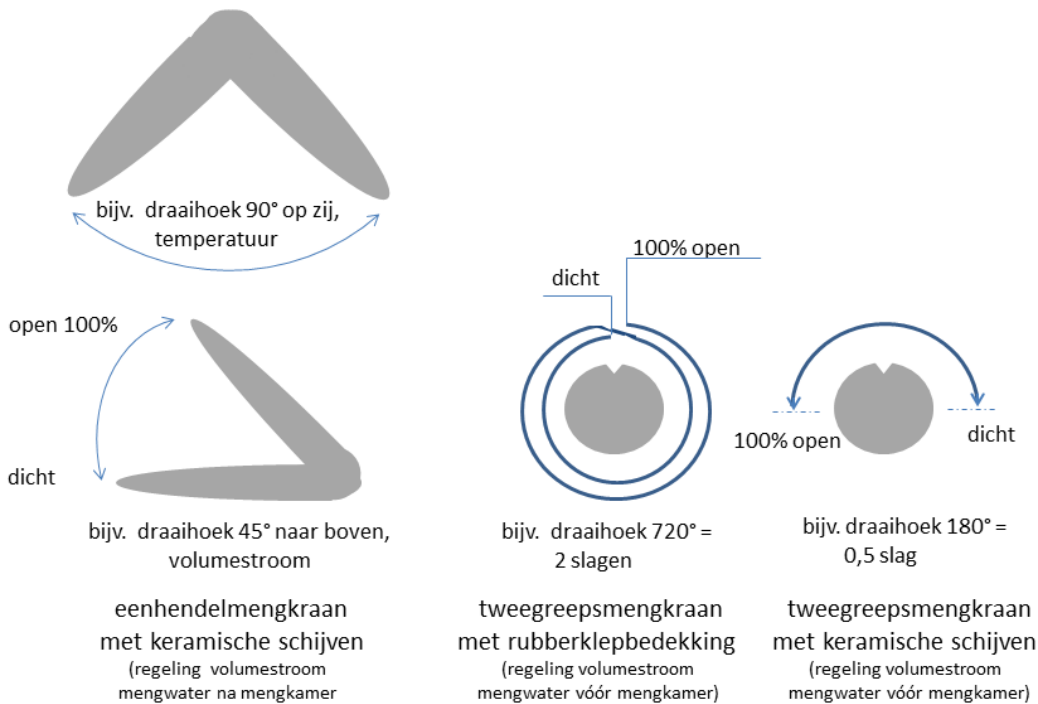
### **BIJLAGE 3      Werking mengkranen**

*In deze bijlage worden de specifieke eigenschappen van hand- en thermostatisch geregelde mengkranen besproken voor huishoudelijk - en vergelijkbare gebruiken. Speciale uitvoeringen van kranen voor in de zorg zijn buiten beschouwing gelaten. Het effect op de mengwatertemperatuur van temperatuur- of drukschommelingen in de leidingen naar de mengkraan wordt in deze bijlage zichtbaar gemaakt.*

#### **B3.1 Handgeregelde mengkranen**

Een standaard 2-greepsmengkraan bestaat uit een afsluitbare koud- en warmwaterdoorlaatopening die uitmonden in een gemeenschappelijke en niet onder druk staande uitloop waarop een nageschakelde weerstand, zoals een douchekop, wordt aangesloten. Met de mengkraan worden volumestroom, druk en mengwatertemperatuur geregeld. Dat gebeurt door met de kraangrepen de regelorganen koudwater (KW) en warmwater (WW) te veranderen. De regeling van de volumestroom vindt vóór de mengkamer plaats. Er bestaat een grote variabiliteit in werkingsdiagrammen van regelorganen. Wanneer een klein percentage (< 10) van de maximale draaihoek van de kraangreep resulteert in een groot percentage (> 60) van de maximale volumestroom van de kraan, dan wijzigt bij een kleinste verandering in kraangreepstand sterk de volumestroom, dus ook de temperatuur van het mengwater. Dat betekent ook dat het corrigeren van een veranderende mengwatertemperatuur ongemakkelijk zal zijn. Veel gunstiger is het wanneer bijvoorbeeld 15% van de maximale draaihoek van de kraangreep resulteert in 30% van de maximale volumestroom van de kraan.

In een eenhendelmengkraan zijn de koud- en warmwaterregelorganen zodanig aan elkaar verbonden dat, bij de meeste uitvoeringen, na het omhoog bewegen van de hendel (draaihoek in verticale richting) tot een (volledige) opening van één regelorgaan (KW), met het draaien van de hendel (draaihoek in horizontale richting) ook het andere regelorgaan (WW) wordt geopend en menging van KW en WW plaatsvindt. In een bepaalde positie hebben beide regelorganen (KW en WW) eenzelfde doorlaatopening. Door het verder horizontaal draaien van de hendel vermindert de opening van het eerst geopende regelorgaan (KW) tot dat deze volledig sluit. Het tweede regelorgaan (WW) is dan geheel open. De volumestroom wordt geregeld met de verticale draaihoek (op en neer bewegen) van de hendel en vindt na de mengkamer plaats. Bij de overgang van de ene uiterste positie van de hendel (in horizontale richting) naar de andere, neemt de volumestroom geleidelijk toe, bereikt in het midden de hoogste waarde en neemt af. De eenhendelmengkraan heeft over het algemeen een kleiner regelgebied dan de 2-greepsmengkraan.



Figuur B3.1 Voorbeelden van draaihoeken kraangrepen/hendel voor volumestroomregeling

Bij een koudwatertemperatuur van 11 °C en een warmwatertemperatuur van 65 °C zal de mengwatertemperatuur 38 °C bedragen. Bij deze conditie, 50% koud- en 50% warmwater, zal elke graad temperatuurverandering in de (aansluit)leidingen, een verandering geven van de mengwatertemperatuur van 0,5 K. Kortdurende temperatuurschommelingen van > 3 K in de leidingen kunnen al aanleiding geven tot klachten. Een langzame verandering, bijvoorbeeld door het opwarmen van de leiding wordt in het algemeen wel geaccepteerd omdat dat een voor de gebruiker corrigeerbare schommeling is.

Voor drukschommelingen is dit ingewikkelder. De mate waarin een drukschommeling doorwerkt in de mengwatertemperatuur is afhankelijk van de gebruiksdruk (voordruk), de doorlaat van de mengkraan en de weerstand van de doucheslang en douchekop. Als eerste voorbeeld is een waterbesparende douchemengkraan genomen

Tabel B3.1 Effect op mengwatertemperatuur ( $T_{\text{meng}}$ ) door verandering voordruk koudwater aan een waterbesparende mengkraan met minimale mengwatervolumestroom bij een initiële voordruk van 100 kPa op koud en warm.

gelijke voordruk		drukstijging koud		drukdaling koud	
Voordruk koud	100 kPa	Voordruk koud	150 kPa	Voordruk	50 kPa
voordruk warm	100 kPa	voordruk warm	100 kPa	voordruk	100 kPa
$q_v$	0,067 l/s	$q_v$	0,075 l/s	$q_v$	0,056 l/s
T koud	11 °C	T koud	11 °C	T koud	11 °C
T warm	65 °C	T warm	65 °C	T warm	65 °C
T meng	38 °C	T meng	35,14 °C	T meng	43,04 °C

Voor de gedeeltelijk geopende kraan met een volumestroom van 4 l/min (0,067 l/s) bij een drukval van 100 kPa over de kraan + douchekop, blijkt de mengwatertemperatuur ca. 3 K lager te worden bij een kw-drukverhoging van 50 kPa en ca. 5 K hoger bij een kw-drukverlaging van 50 kPa.

Bij de maximale belasting van deze kraan (volledige opening) van 9 l/min (0,150 l/s) bij een voordruk van 100 kPa is de invloed van een drukschommeling op de mengwatertemperatuur nog iets groter.

Tabel B3.2 Effect op mengwatertemperatuur ( $T_{\text{meng}}$ ) door verandering voordruk koudwater aan een waterbesparende mengkraan met maximale mengwatervolumestroom bij een initiële voordruk van 100 kPa op koud en warm.

gelijke voordruk		drukstijging koud		drukdaling koud	
Voordruk koud	100 kPa	Voordruk koud	150 kPa	Voordruk koud	50 kPa
voordruk warm	100 kPa	voordruk warm	100 kPa	voordruk warm	100 kPa
$q_v$	0,150 l/s	$q_v$	0,173 l/s	$q_v$	0,116 l/s
T koud	11 °C	T koud	11 °C	T koud	11 °C
T warm	65 °C	T warm	65 °C	T warm	65 °C
T meng	38 °C	T meng	34,42 °C	T meng	46,01 °C

Bij een initiële voordruk van 300 kPa op koud en warm is de mengwatervolumestroom ( $q_v$ ) groter en zijn de temperatuurschommelingen als gevolg van drukveranderingen kleiner.

Tabel B3.3 Effect op mengwatertemperatuur ( $T_{\text{meng}}$ ) door verandering van voordruk koudwater aan een waterbesparende mengkraan met maximale mengwatervolumestroom bij een initiële voordruk van 300 kPa op koud en warm.

gelijke voordruk		drukstijging koud		drukdaling koud	
Voordruk koud	300 kPa	Voordruk koud	350 kPa	Voordruk koud	250 kPa
voordruk warm	300 kPa	voordruk warm	300 kPa	voordruk warm	300 kPa
$q_v$	0,293 l/s	$q_v$	0,306 l/s	$q_v$	0,279 l/s
T koud	11 °C	T koud	11 °C	T koud	11 °C
T warm	65 °C	T warm	65 °C	T warm	65 °C
T meng	38 °C	T meng	36,86 °C	T meng	39,38 °C

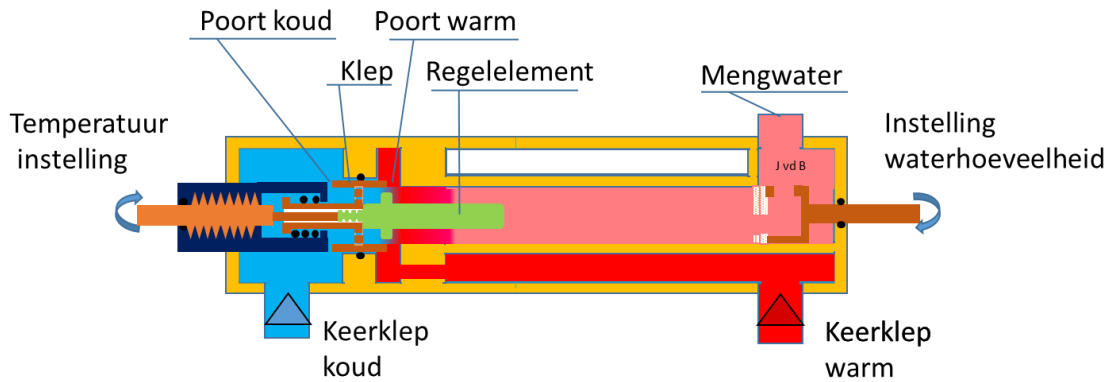
Bij een mengkraan van een grotere capaciteit (grotere volumestroom bij dezelfde voordruk) verschillen de effecten op de mengwatertemperatuur bij dezelfde voordrukveranderingen nauwelijks ten opzichte van de effecten bij een mengkraan met bovenstaande capaciteit.

Uit de bovenstaande tabellen blijkt dat de relatief kleine drukschommeling bij een lagere voordruk (gebruiksdruk) een groter effect heeft dan bij een hogere gebruiksdruk.

### B3.2 Thermostatische mengkranen

Temperatuurschommelingen treden ook met thermostatische mengkranen. In figuur B3.1 is een principetekening opgenomen van een willekeurige thermostatische mengkraan. Een thermostatische mengkraan regelt de mengwatertemperatuur proportioneel. De verstelling van de klep vindt plaats door een afwijking tussen de ingestelde- en de door het regelement gemeten mengwatertemperatuur. Bij een verandering van de koud- of warmwatertemperatuur of van de verschillen tussen de gebruiksdrukken wijzigt de mengwatertemperatuur en daarmee ook de lengte van het regelement en de stand van de klep die daaraan verbonden is. De klepstand verandert dus bij een afwijking van de ingestelde waarde van de mengwatertemperatuur.

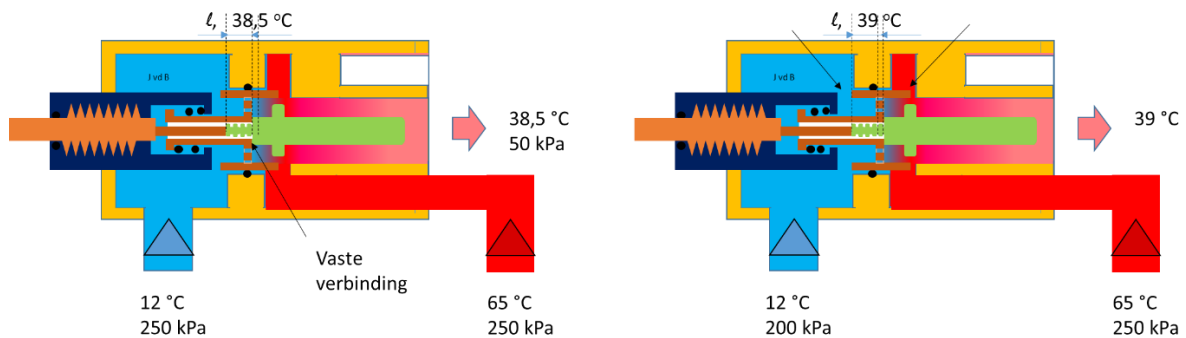
De waterhoeveelheid (volumestroom) wordt ingesteld met een keramische schijfafsluiter. In de aansluitingen van koud- en warmwater zijn keerkleppen aangebracht die een doorverbinding tussen de koud- en warmwateraansluiting voorkomen. De temperatuurinstelling vindt plaats door met de schroefspindel de klep met het thermostatische regelement te verplaatsen.



Figuur B3.1 Principetekening van een willekeurige thermostatische mengkraan

Bij het kouder worden van het mengwater krimt de inhoud van het thermostatische regelement, het balgje wordt korter en het regelement met klep verplaatst zich naar links. De poort van warmwater wordt iets geopend en de poort van koudwater wordt meer gesloten. Er ontstaat een nieuw evenwicht tussen de mengwatertemperatuur en de stand van de klep.

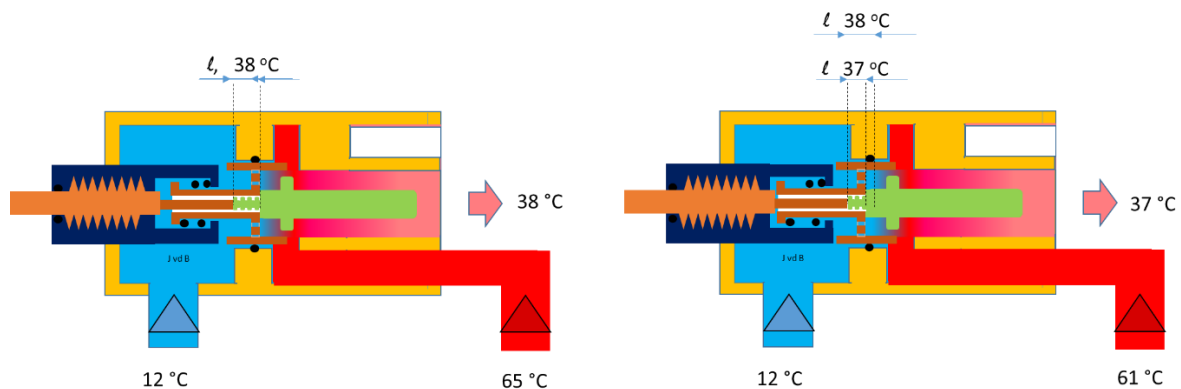
De werking van de thermostatische mengkraan en de reactie op drukvariaties wordt verder toegelicht met figuur B3.2.



Figuur B3.2 Schematische weergave van werking thermostatische mengkraan en de reactie op drukvariaties

In het linker plaatje van figuur B3.2 is de kraan ingesteld op een mengwatertemperatuur van 38,5 °C bij een gebruiksdruk van 250 kPa op beide aansluitpunten. Bij het dalen van de gebruiksdruk op de koudwateraansluiting stroomt er minder koudwater door de klep en stijgt de mengwatertemperatuur. De balg van het regelement zet dan uit, de klep beweegt naar rechts en de koudwaterpoort opent iets verder (rechter plaatje). Om de klep in deze stand te krijgen, moet de mengwatertemperatuur dus iets hoger zijn dan de ingestelde waarde. Het temperatuurverschil waarbij de klep helemaal gesloten of helemaal geopend is, is de proportionele band. De relatie tussen de proportionele band en de verstelling van de klep is de versterkingsfactor. Hoe groter de versterkingsfactor, des te kleiner is de afwijking ten opzichte van de ingestelde temperatuur. De versterkingsfactor mag echter niet te groot zijn omdat anders de regeling instabiel wordt, het zogenaamde pendelen. Hierdoor ontstaan juist temperatuurschommelingen. Daarnaast is de reactietijd van invloed. De regelnaauwkeurigheid wordt mede bepaald door de snelheid waarmee het regelement reageert op temperatuurveranderingen. Drukvariaties zullen altijd invloed hebben op de mengtemperatuur.

De reactie van de thermostatische mengkraan op temperatuurveranderingen wordt toegelicht met figuur B3.3.



Figuur B3.3 Schematische weergave reactie thermostatische mengkraan op temperatuurverandering

In het linker plaatje van figuur B3.3 is de kraan ingesteld op een mengwatertemperatuur van 38 °C bij warmwater van 65 °C. Als de warmwatertemperatuur lager wordt zakt ook de mengwatertemperatuur. De balg krimpt en trekt de klep naar links en de poort van koudwater sluit iets. De mengwatertemperatuur wordt dan 37 °C omdat die balglengte nou eenmaal bij die mengtemperatuur hoort. Temperatuurvariaties hebben altijd invloed op de mengwatertemperatuur.

Fabrikanten geven maximale temperatuurverschillen op tussen mengwater en koudwater en mengwater en warmtapwater. Bij een hogere warmwatertemperatuur dan 65 °C neemt de nauwkeurigheid snel af.

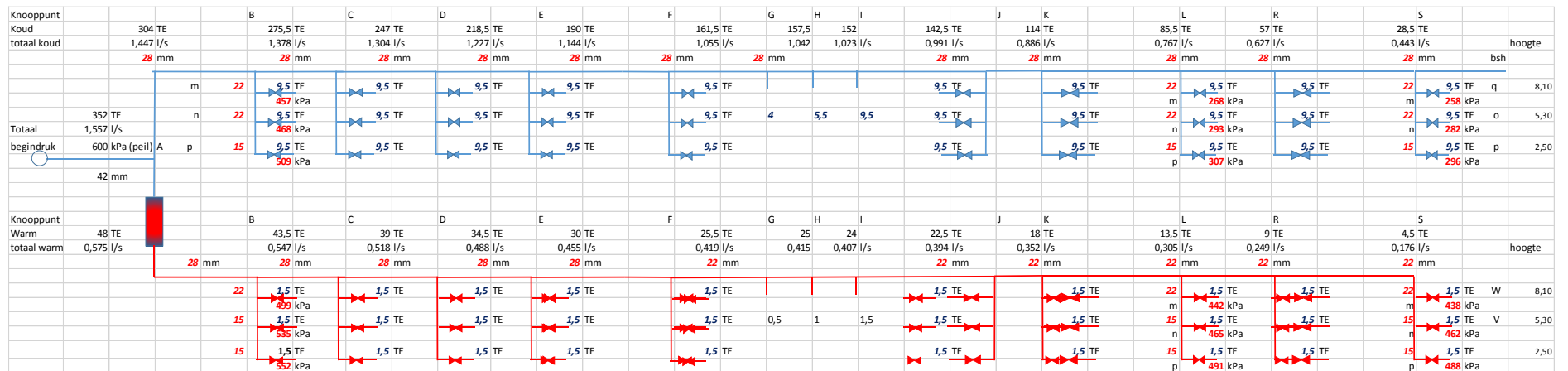
Elektronische mengkranen met een PI (*proportioneel integrerend*) regeling kunnen het temperatuurverschil wel weggeregelen. De P functie zorgt voor een eerste regelactie en de I functie regelt het temperatuurverschil tussen gemeten en ingestelde waarde weg. Doordat een opnemer met een geringe massa wordt gebruikt kan zeer snel worden geregeld. Toch kunnen ook hier temperatuurschommelingen ontstaan in de tijd tussen de P actie en het uitregelen van de I functie. De integratietijd kan niet te kort worden ingesteld omdat dit leidt tot instabiliteit. De elektronische regeling is veel nauwkeuriger dan een mengkraan met een thermostatische regelement.

## BIJLAGE 4 Drukverliesberekeningen complex Zaandam

De knooppunten in onderstaande schema komen overeen met de schets van het isometrisch schema zoals ingevoegd in bijlage 5. In de berekeningen is uitgegaan van een druk van 600 kPa achter de drukverhogingsinstallatie. De drukverliezen in de leidingen ( $\Delta p_l$ ) zijn bepaald vanaf punt "A" in het onderstation tot "a" van de woninginstallatie. De drukschommelingen vanaf "A" zijn bepalend voor de druk bij de woningaansluiting. De drukken in het schema zijn de dynamische drukken ter plaatse van de woningaansluiting, dus inclusief verrekening van de statische drukhoogte.

### Drukverliesberekening bij toepassing van de $q\sqrt{\Sigma TE}$ -methode voor bepaling MMV

In deze berekening is uitgegaan van 9,5 TE koudwater en 1,5 TE warmwater.



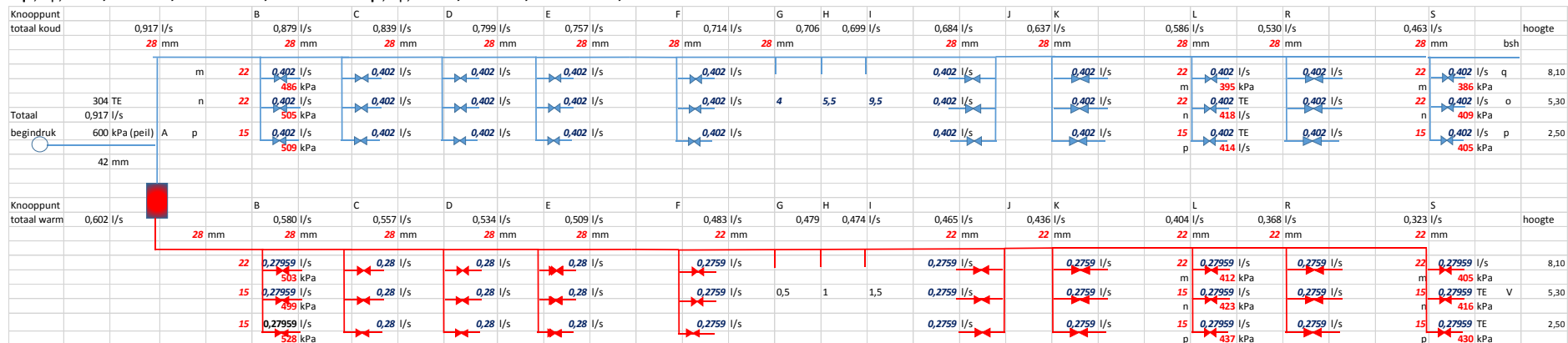
### meetwoning

samenvatting	aantal woningen	TE	$q_{v;tap}$ in l/s	won str B $\Sigma \Delta p_l$ kPa	won str L $\Sigma \Delta p_l$ kPa	won eind $\Sigma \Delta p_l$ kPa	won str L $p_{dyn}$ kPa	won eind $p_{dyn}$ kPa
koud tot onderstation	32	352	1,557	25,07				
koud onderst- aansl. won.	32	304	1,447	53,83	<b>228,97</b>	239,74	<b>293</b>	282
warm onderst- aansl won.	32	48	0,575	12,32	81,65	85,19	465	462

midden won  
midden won

### Drukverliesberekening bij toepassing van rekenregels volgens ISSO-55 voor bepaling MMV seniorenwoningen:

$q_{v;tap;kw} 0,331+0,064v_n+0,007n$  en  $q_{v;tap;ww} 0,225+0,052v_n+0,00259n$



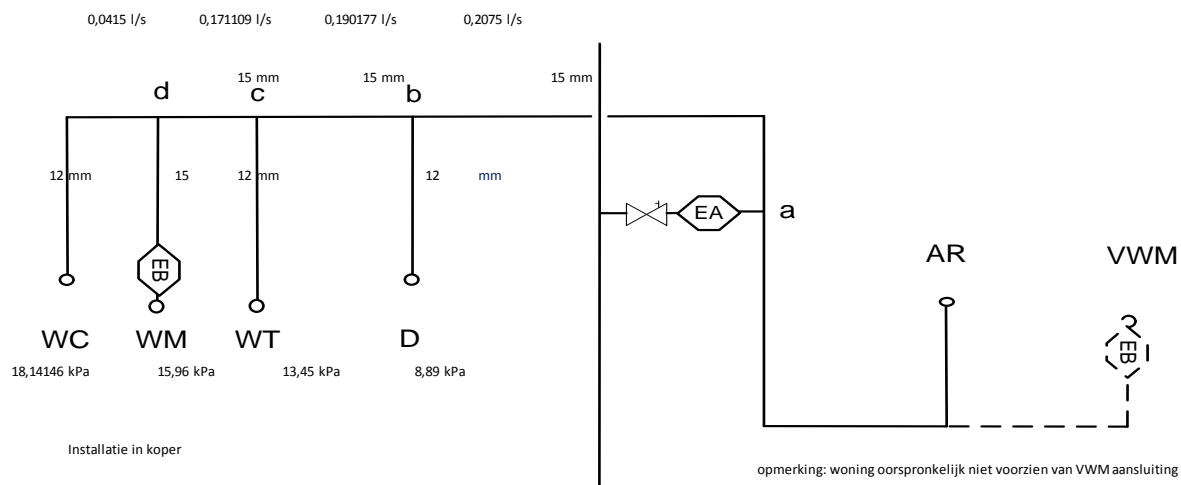
meetwoning

samenvatting	aantal woningen	TE	$q_{v;tap}$ in l/s	won str B $\Sigma\Delta p_i$ kPa	won str L $\Sigma\Delta p_i$ kPa	won eind $\Sigma\Delta p_i$ kPa	won str L $p_{dyn}$ kPa	won eind $p_{dyn}$ kPa	
koud tot onderstation	32	-	0,917	9,65					
koud onderst- aansl won.	32	-	0,917	60,44	<b>119,03</b>	128,27	<b>418,33</b>	409,08	midden won
warm onderst- aansl won.	32	-	0,602	46,63	124,04	131,02	422,96	415,98	midden won



## Drukverliesberekening meetwoning (aangesloten op strang L, midden)

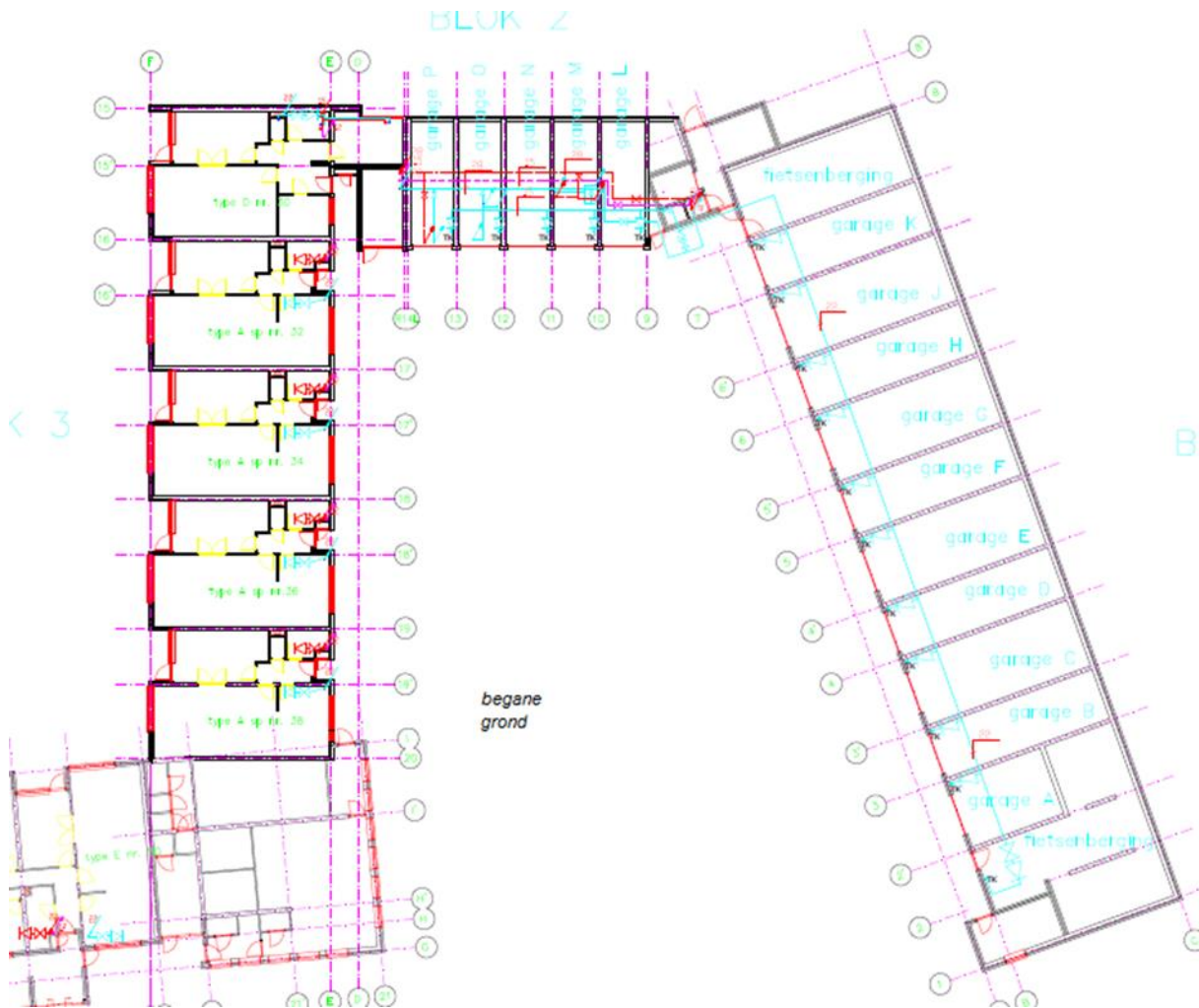
Voor de drukverliesberekening van de woninginstallatie is de MMV bepaald met de  $q\sqrt{\sum TE}$  -methode. Het deel naar de keuken is niet berekend omdat gebruik hiervan bij voldoende druk op de woningaansluiting niet tot drukschommelingen binnen de woning leidt.



Koudwater		verbruik								
aantal app	sectie	TE	l/s berekend	dia.uitw mm	V V m/s	lengte m	toeslag %	r Δ kPa/m	r* l Δ kPa	ΣΔ p kPa
	ab	6,25	0,208	15	1,56	2,5	25%	2,845	8,89	8,89
	bc	5,25	0,190	15	1,43	1,5	25%	2,430	4,56	13,45
	cd	4,25	0,171	15	1,29	1	25%	2,009	2,51	15,96
	d WC	0,25	0,042	12	0,53	3	25%	0,582	2,18	18,14
			0,000							
	ad	0	0,000	#DEEL/0!		5	25%	#DEEL/0!	#DEEL/0!	15,96
	d WM	4	0,166	15	1,25	3	25%	1,902	7,13	23,09
	ac	0	0,000	#DEEL/0!		3	25%	#DEEL/0!	#DEEL/0!	13,45
	c WT	1	0,083	12	1,06	4	25%	1,971	9,86	23,30
			0,000							
	ab		0,000	#DEEL/0!		5	25%	#DEEL/0!	#DEEL/0!	8,89
	b D	1	0,083	12	1,06	3	25%	1,971	7,39	16,28

Leidingen in koper.

**BIJLAGE 5      Tekeningen van complex seniorenwoningen Zaandam**



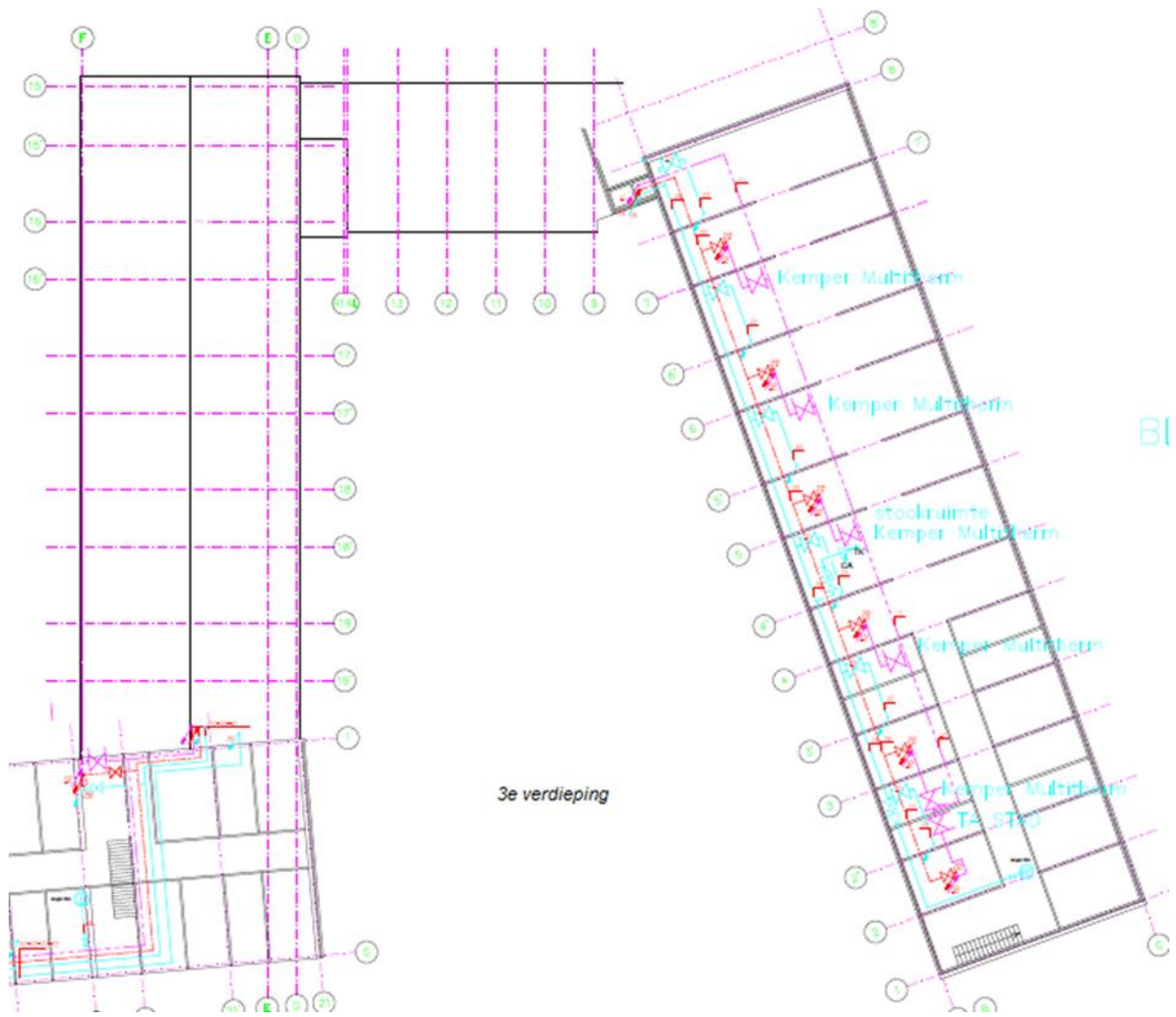
*Figuur B5.1 Plattegrond begane grond*



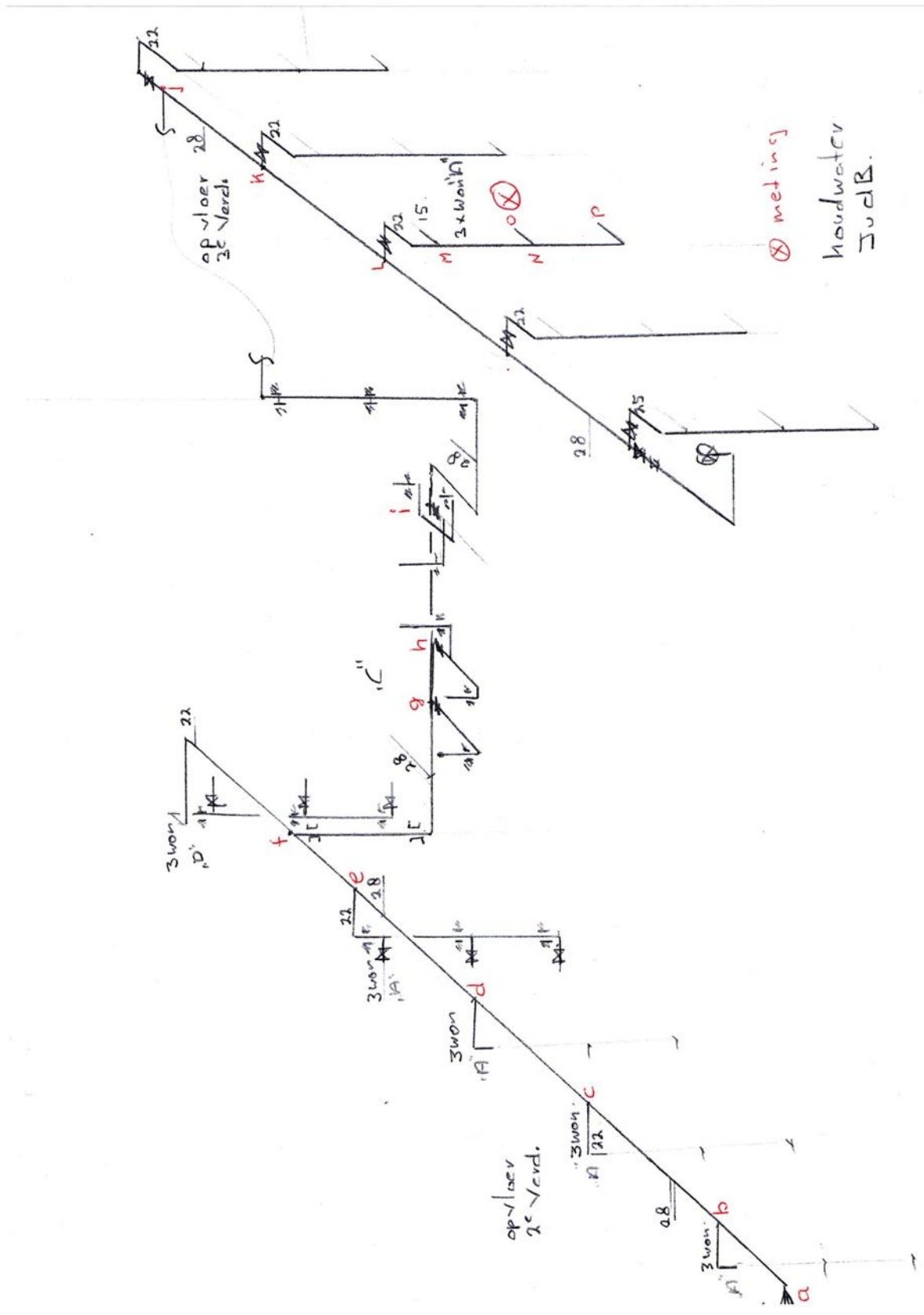
Figuur B5.2 Plattegrond 1e verdieping



Figuur B5.3 Plattegrond 2e verdieping



Figuur B5.4 Plattegrond 3e verdieping

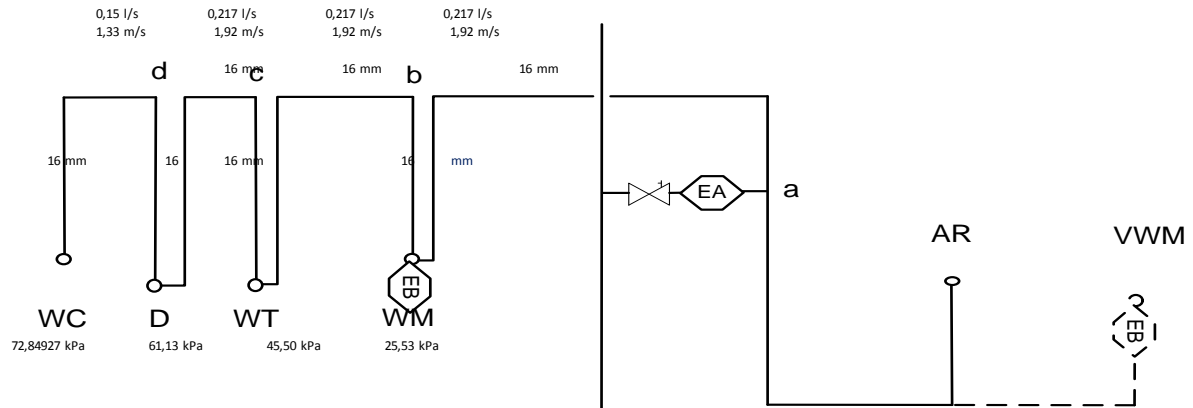


Figuur B5.5 Scheve projectie van collectief koudwaterleidingnet



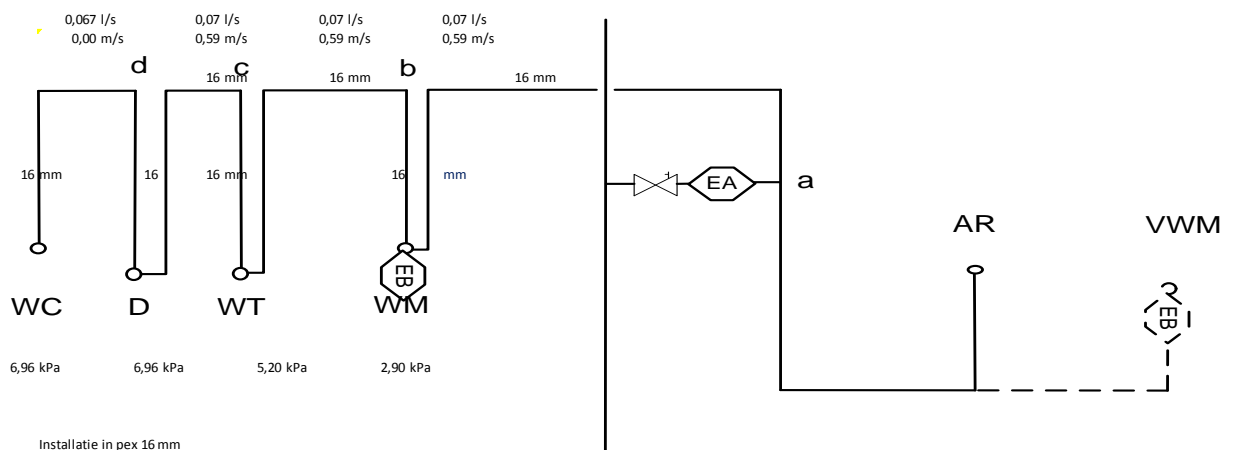
## BIJLAGE 6 Voorbeeldberekening drukverandering door closetreservoir

In onderstaande afbeeldingen zijn schematisch weergegeven de koudwaterleidingen van een woninginstallatie uitgevoerd in PEX en doorlopende muurplaten. Volumestroom koudwater tijdens douchen 4 l/min (0,067 l/s) en volumestroom (moderne) closetreservoir 9 l/min (0,15 l/s). De berekening is gebaseerd op een gelijktijdig gebruik van alleen deze twee tappunten. Het drukverlies tot aan de douchemengkraan bedraagt  $\approx 61$  kPa.



sectie	l/s berekend	dia.uitw mm	V V m/s	lengte m	zeta	r $\Delta$ kP/m	r* l $\Delta$ kPa	r hulpst	$\Sigma \Delta p$ kPa
ab	0,217	16	1,92	3,5	5,5	4,341	15,20	10,33	25,53
bc	0,217	16	1,92	3	3,7	4,341	13,02	6,95	45,50
cd	0,217	16	1,92	2	3,7	4,341	8,68	6,95	61,13
d WC	0,150	16	1,33	4	3,04	2,247	8,99	2,73	72,85

Is het closetreservoir gevuld, dan is alleen de douche in gebruik en daalt de druk op de koudwateraansluiting van de douchemengkraan met  $(61,13 \text{ kPa} - 6,96 \text{ kPa}) \approx 54$  kPa. De keuze van de autoriteit moet in dit geval komen te liggen in de aansluiting op de douchemengkraan (naar voorbeeld van  $\Delta p_{VI} (k1-kw3wt)$  in figuur 7.2).



sectie	l/s berekend	dia.uitw mm	V V m/s	lengte m	zeta	r $\Delta$ kP/m	r* l $\Delta$ kPa	r hulpst	$\Sigma \Delta p$ kPa
ab	0,067	16	0,59	3,5	5,5	0,547	1,91	0,98	2,90
bc	0,067	16	0,59	3	3,7	0,547	1,64	0,66	5,20
cd	0,067	16	0,59	2	3,7	0,547	1,09	0,66	6,96



## **BIJLAGE 7 Overige aandachtspunten bij het verhelpen van klachten over mengwater-temperatuurschommelingen**

### **B7.1 Aparte voeding warmtapwaterbereider**

Door aanleg van een aparte voeding vanaf het leveringspunt drinkwater of vanaf de drukverhogingsinstallatie naar de warmtapwaterbereider maakt de druk in het warmtapwatersysteem onafhankelijker van het gebruik van het koudwaternet dan wanneer de voeding verderop in het koudwaterleidingnet is afgetakt.

### **B7.2 Terugtappen uit circulatiesysteem**

In een collectief warmtapwaterleidingnet met een groot drukverlies kunnen temperatuurschommelingen optreden als gevolg van terugtappen uit het circulatienet. In het circulatiesysteem draait dan de stroomrichting om en de circulatieleiding gaat als toevoer werken. Als het circulatienet goed functioneert en de  $\Delta T$  tussen aanvoer van warmtapwater en circulatiewater bij de warmtapwaterbereider voldoende klein is ( $< 5$  K) zal dit voor de temperatuurschommeling tot weinig problemen leiden. In de praktijk zijn echter veel circulatiesystemen met deelringen die de vereiste temperatuur niet continu in het gehele circulatienet bereiken. Terugtappen zal dan aanleiding kunnen zijn tot temperatuurschommelingen.

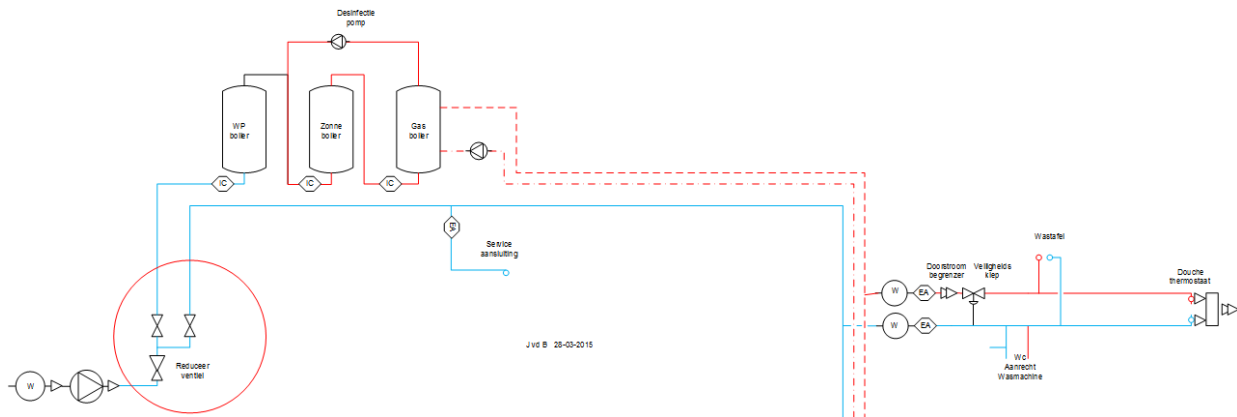
### **B7.3 Temperatuurwisselingen bij stadsverwarming als warmtebron**

Bij collectieve warmtapwaterbereiding gekoppeld aan stadsverwarming (sv) komt het soms voor dat de warmtapwatertemperatuur varieert als gevolg van een limietregeling van de sv-retourwatertemperatuur. Als er geen afname van warmtapwater is, en dus ook geen toevoer van koudwater zal de sv-retourtemperatuur uit de tegenstroomwarmtewisselaar langzaam oplopen. De sv-aanvoerklep blijft geopend maar de sv-retourklep sluit. Pas op het moment dat de temperatuur in het systeem lager is dan grenswaarde van de sv-retourtemperatuur zal de installatie weer gaan opwarmen.

### **B7.4 Pulserende volumestromen en temperatuurwisselingen bij collectieve warmtapwaterinstallaties**

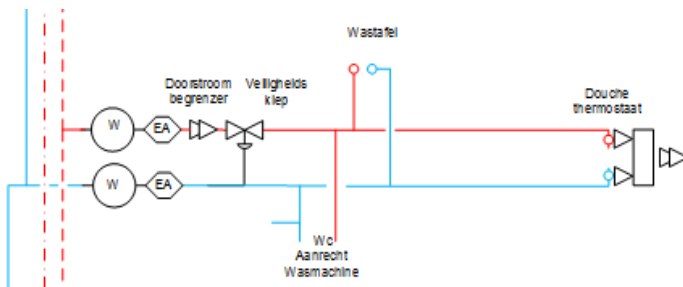
In woningen aangesloten op collectieve leidingwaterinstallaties (koud en warm) komt het soms voor dat er op bepaalde momenten van de dag een pulserende mengwaterstroom plaatsvindt met daarbij sterke temperatuurschommelingen. Dit kan het gevolg zijn van een niet goed werkende "fail safe" beveiliging. Bij aansluiting van een woninginstallatie op een collectieve warmtapwaterinstallatie moet in sommige situaties een "fail safe" beveiliging worden aangebracht die de warmtapwatertoevoer naar de woning afsluit als de druk in het koudwaternet wegvalt (zie Water Werkblad WB 4.4B). Dit voorkomt verbranding door te 'heet' warmtapwater. In figuur B7.1 is een

principeschema opgenomen van een collectieve leidingwaterinstallatie in een bestaand appartementengebouw.



*Figuur B7.1 Principeschema (bestaande situatie) van een collectieve leidingwaterinstallatie in een appartementengebouw met een 'heet'-waterbeveiliging in de aansluiting van de woning*

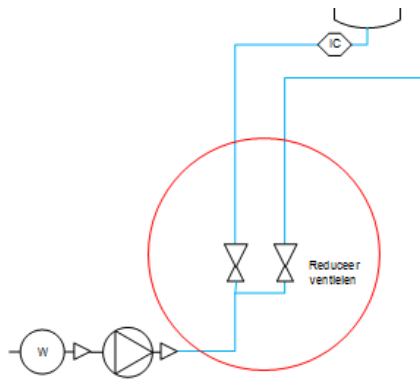
In elke woning is in de koud- en warmtapwateraansluiting een watermeter met keerklep aanwezig. In de warmtapwaterleiding is ook een doorstroombegrenzer en een hydraulisch werkende 'heetwater'- beveiligingsklep aangebracht met een koppeling op de koudwaterleiding. Zolang er druk heerst in de koudwaterleiding wordt, met behulp van een membraan, de beveiligingsklep in de warmtapwaterleiding open gehouden.



*Figuur B7.2 De aansluiting (bestaande situatie) van een woninginstallatie op de collectieve leidingnetten.*

Echter, wanneer de druk in het koud- en warmtapwater net vrijwel gelijk is ontstaat er op de mengkraan een pulserende waterstroom. Er zijn temperatuurschommelingen van het mengwater van meer dan 5 K gemeten. De toegepaste hydraulische beveiliging gaat dus pulseren. De beveiliging vraagt een 50 tot 80 kPa hogere druk in het koudwater net ten opzichte van het warmtapwater net.

Het creëren van een drukverschil, door middel van een drukverminderingstoestel aan het begin van het collectieve koud- en warmtapwater net (in de koudwatervoeding van de warmtapwaterbereider), kan dit probleem voorkomen.



*Figuur B7.3 Drukverminderingstoestellen aan het begin van de collectieve leidingnetten*

### **B7.5 Temperatuurschommelingen door falende keerkleppen**

In collectieve leidingwaterinstallaties komen soms in gedeelten van de installatie temperatuurdalingen voor terwijl andere gedeelten goed functioneren. De oorzaak kan een falende keerklep in een thermostatische mengkraan zijn.

## **BIJLAGE 8 Aangemelde locaties met temperatuurschommelingen mengwater van douchemengkranen**

De aangemelde locaties zijn bezocht en de globale kenmerken van de installaties zijn vermeld op een opname formulier. Onder elk formulier zijn de klachten en/of opmerkingen aangegeven die tijdens het bezoek zijn geuit. De locaties zijn geanonimiseerd

### **B8.1 Hotel**

Hotelcomplex met zwembad, restaurant en kantoren. De drinkwaterinstallatie is voorzien van een geschakelde drukverhogingsinstallatie. Slechts enkele hotelkamers hebben een bad, de overige hotelkamers hebben alleen een douche. De warmtapwaterbereiding bestaat uit een voorraadvat dat wordt verwarmd door stadsverwarmingswater. In zowel het drinkwater- als warmtapwater net zijn drukreducerventielen geplaatst. Er zijn tekeningen aanwezig die beperkt (handmatig) zijn bijgewerkt.

Er zijn sinds 2 jaar, na een renovatie, klachten over temperatuurschommelingen van het mengwater uit douchemengkranen. Deze zijn met de hand voelbaar en variëren van lauwwarm tot heet binnen 30 s.

Als maatregel is de drukverhogingsinstallatie continu ingeschakeld en is een drukreducerventiel vervangen, echter zonder resultaat.

Op het moment van schouwen is de temperatuur van het direct uit het voorraadvat komende warmtapwater 62 °C. Deze temperatuur is volgens de beheerder meestal niet hoger te krijgen i.v.m. de temperatuur van het stadsverwarmingswater. De temperaturen van het warmtapwater en circulatiewater bij het voorraadvat worden geregistreerd. De circulatieleidingen zijn op verschillende plaatsen vervangen omdat het buismateriaal is doorgesleten, vermoedelijk door een veel te hoge stroomsnelheid (erosie). De temperaturen in de warmtapwater voedingsleiding en aan het eind van het circulatieleidingnet zijn voelbaar te laag. Volgens de beheerder is de temperatuur in de stijgsstrangen te laag maar: "dit is een kwestie van een beetje beter instellen".

Later blijkt dat de Technische Dienst niet mag investeren in het aanbrengen van enkele meetpunten.

datum	21-03-2013
opbouw installatie	Hotel met strangen, zwembad en restaurant, showroom en kantoordeel. Alles op één drukverhogingsinstallatie.
aantal tappunten	xx hotelkamers met 4 x bad, rest douches.
drukverhoging	3-pompsinstallatie, geschakeld, schakelvat 18 liter.
drukreduceerventiel	In warmtapwaterleiding na voorraadvat en in koudwaterleiding hotel.
grootste diameter koud	54 mm
warmtapwaterbereiding	Voorraad
energiebron	Indirect stadsverwarming, wisselende warmtapwatertemperatuur afhankelijk van stadsverwarming, ca. 62 °C aanvoer.
grootste diameter warm	54 mm
circulerend net	Onderlinge verdeling naar hoofdfuncties. In hotel deelringen per strang.
aantal deelringen	Schacht per 2 naast elkaar gelegen hotelkamers.
grootste diameter circulatieleiding	15 mm
ΔT circulatienet	Er zijn geen thermometers op de deelringen. De laatste deelringen zijn "lauwwarm". Door 'kortsluiting' nabij de boiler lijkt echter de temperatuur van circulatiewater nabij het voorraadvat goed.
bijgewerkte tekeningen aanwezig	Er zijn tekeningen aanwezig en deze zijn, op enkele later geplaatste afsluiters na, volledig.
type douchemengkraan	Elektronisch- thermostatisch

Klachten / opmerkingen / al getroffen maatregelen.

Zeer sterke temperatuurwisselingen, met de hand voelbaar.

Drukverhoging tijdelijk continu bijgeschakeld. Dit heeft geen verbetering geven. Opvallend is dat de klachten in de loop van de tijd zijn toegenomen

Voorstel is om in een kritische strang (de laatste) 2 afsluitbare drukmeetpunten ½ bi te maken. Er moet dan een elektrisch aansluitpunt in de nabijheid van de kast zijn voor de aansluiting/ voeding van de meetapparatuur.

Gezien de problemen is de beheerder zeer gemotiveerd om mee te werken.

## **B8.2 Seniorenwoningen**

Het complex van seniorenwoningen heeft voor de drinkwatervoorziening een centrale drukverhogingsinstallatie met vandaaruit voedingsleidingen naar twee onderstations. In elk onderstation is een direct gestookt warmtapwater-oplaadsysteem geplaatst. Vanuit de onderstations zijn op de zolders horizontale verdeelleidingen voor koud-, warm- en warmcirculatiewater aangebracht waarop de zakstrangen zijn aangesloten. Op de koud- en warmwaterstrangen zijn 1, 2 of 3 woningen aangesloten. Het circulatienet is voorzien van thermostatische inregelventielen en blijft goed op temperatuur. De installatie is goed gemonteerd en onderhouden.

Al lange tijd zijn er klachten over temperatuurschommelingen van het mengwater uit de douchemengkranen.

Er is een toerengeregelde drukverhogingsinstallatie geplaatst zodat de druk in het net vrijwel constant blijft. Deze maatregel heeft nauwelijks tot verbetering geleid.

De temperaturen van warmtapwater en warmcirculatiewater worden geregistreerd en voldoen aan de voorschriften.

datum	21-03-2012
gebouwfunctie	Zelfstandige seniorenwoningen
opbouw installatie	Vanaf de drukverhogingsinstallatie een voeding naar 2 gebouwdelen. Deze hebben elk een eigen onderstation met warmtapwaterbereiding. De verdeelnetten op zolder zijn goed bereikbaar.
aantal tappunten	76 seniorenwoningen en 2 logeerruimten verdeeld over 2 warmtapwaterinstallaties en 1 drukverhogingsinstallatie.
drukverhoging	Toerengeregeld, Grundfoss CR5-4, schakelvat 18 liter
drukreduceerventiel	n.v.t
grootste diameter koud	42 mm
warmtapwaterproductie	Oplaadsysteem, plus doorstroom via Intergas.
energiebron	gas
grootste diameter warmwaterleiding	2 groepen 35 mm
warmwater-circulatiemet	Via zolder met thermostatische inregelafsluiters per strang.
aantal deelringen	2
grootste diameter warmwatercirculatiemet	15 mm en 22 mm: verdeling vanuit onderstations met deelring per boven elkaar gelegen woningen
$\Delta T$ circulatiemet	4 K
Bijgewerkte tekeningen aanwezig	De gebouweigenaar is bereid om de tekeningen aan te laten passen/bijwerken
Type douchemengkraan	thermostatisch Grohe 1000 (1999) en Hansa

Klachten / opmerkingen / al getroffen maatregelen

De basis installatie is van 1972. In de loop van de jaren zijn er bouwdelen bijgeplaatst. Eén drukverhogingsinstallatie voedt twee bouwdelen met elk een eigen warmtapwatervoorziening. De opbouw van installatie is redelijk eenvoudig.

Volgens de adviseur zijn drukschommelingen de vermoedelijke oorzaak van de temperatuurschommelingen van het mengwater aan de douchemengkranen. Eerder was het vermoeden dat er drukschommelingen optraden in de aanvoerleidingen naar de verdeelstations en in de verdeelleidingen naar de strangen. De toerengeregelde drukverhogingsinstallatie heeft slechts tot een beperkte verbetering geleid.



### **B8.3 Zorgcomplex**

Een zorgcomplex bestaat uit een verpleeghuis en aanleunwoningen en heeft een centrale drukverhogingsinstallatie. Het is een geschakelde drukverhogingsinstallatie maar het schakelvat is uit bedrijf genomen. Op de drukverhogingsinstallatie is het koudwaterverdeelnet en de warmtapwaterbereidingsinstallatie aangesloten. Van hieruit vindt een verdeling van warmtapwater plaats in groepen die weer zijn voorzien van deelringen. Op die deelringen zijn de in schachten aangebrachte leidingen aangesloten.

Er zijn al gedurende lange tijd klachten over temperatuurschommelingen op de douchemengkranen. Bij temperatuurklachten gaat de beheerder er vanuit dat de warmtapwatertemperatuur niet goed is ingeregeld en verandert hij de instelling van de inregel T-stukken in de deelringen.

De temperaturen van het warmtapwater en het circulatiewater worden geregistreerd. De temperaturen in het circulatienet zijn plaatselijk te laag. Als maatregel is de circulatiepomp vervangen door een exemplaar met een grote opvoerhoogte. Dit gaf nauwelijks een verhoging van de temperatuur in het warmwatercirculatienet. Daarom is de boiler temperatuur verhoogd naar 80°C.

datum	04-04-2013
gebouwfunctie	Verpleeg- en verzorgingshuis
opbouw installatie	2 bouwdelen, elk met 2 verdeelsystemen en circulatiestrangen (5 bouwlagen)
aantal tappunten	170 aanleunwoningen, 60 zorgwoningen en 60 verpleegplaatsen
drukverhoging	Drukverhoging geschakeld, schakelvat buiten bedrijf (3,5 l/s)
drukreducerventiel	n.v.t
grootste diameter koud	54 mm
warmtapwaterproductie	Indirect gestookte boilers van 500 l, via onthardingsinstallatie . Temperatuurinstelling 80 °C.
energiebron	cv
grootste diameter warm	42 mm
circulerend net	2 hoofdgroepen met onderverdeling in 2 delen met daarop circulatiestrangen.
aantal deelringen	2 x 2
grootste diameter circulatieleiding	22 mm
$\Delta T$ circulatienet	22 K
Circulatiepomp	Pomp UP 32-80 is verzwaaard naar UP 32-120
Bijgewerkte tekeningen aanwezig	Er zijn papieren tekeningen aanwezig en het lijkt erop dat weinig is gewijzigd.
Type douchemengkraan	Grohe 1000 thermostatisch

Klachten / opmerkingen / al getroffen maatregelen.

Boilers worden op 80 °C gestookt i.v.m. gebrekkige circulatie. Daarom zijn er overal thermostatische mengkranen gemonteerd. Inregelen gebeurt ad-hoc door huismeester met regel T-stukken (niet nauwkeurig in te regelen).

Het warmtapwatergebruik is matig. Dat komt vermoedelijk door het gebruikspatroon van ouderen en omdat in elke aanleunwoning een warmtapwatermeter is aangebracht. Gebaseerd op praktijkervaring zijn de diameters naar schatting voldoende.

#### **B8.4 Wellnes complex**

Een wellnes complex bestaat uit een groot recreatiezwembad, sauna, kleine ijsbaan en uitgebreide horeca voorzieningen. Het zwembadgedeelte is het oudste, later zijn de horecavoorzieningen met een hotel bijgebouwd. Het hotel heeft een eigen warmtapwatervoorziening. De warmtapwatervoorziening van het zwembad voedt ook alle overige functies. Het warmwaterleidingnet is grotendeels in de oorspronkelijke staat. In de loop van de jaren is de isolatie op veel plaatsen beschadigd of verwijderd voor het maken of verwijderen van aansluitingen. De verdeling van het warme water en de verzameling van het circulatiewater wijken af van de tekeningen. De medewerker van de technische dienst was hierover verbaasd.

De warmwatercirculatiepomp is vervangen door een pomp met een grotere capaciteit om de vereiste temperatuur in het circulatienet te kunnen bereiken. In de circulatieleidingen ontstaan regelmatig lekkages. Het beeld van die lekkages met afname van de wanddikte van de leiding wijst op erosie door een te hoge stroomsnelheid.

De klachten over temperatuurschommelingen komen vanuit de doucheruimte in het zwembad. Hier zijn een aantal douches aangesloten op een centrale thermostatische mengkraan. Deze centrale mengkraan is boven het verlaagde plafond gemonteerd en is voorzien van een thermisch desinfectiesysteem.

De temperaturen van warmtapwater en circulatiewater worden geregistreerd

datum	04-04-2013
opbouw installatie	Hotel, zwembad, restaurant, ijsbaan, wellness /sauna
aantal tappunten	Xxx hotelkamers met douches
drukverhoging	3-pomps drukverhogingsinstallatie, geschakeld, schakelvat 18 liter
drukreduceerventiel	Aansluitgroep zwembad koud naar mengkraan
grootste diameter koud	54 mm
warmtapwaterproductie	TSA niet geregeld
energiebron	Centraal ketelhuis met onderverdeling in technische ruimte
grootste diameter warm	35mm, 4 groepen (1 onduidelijk)
circulerend net	4 groepen in zwembad/ sauna gedeelte, hotel eigen voorziening met deelringen per strang.
aantal deelringen	3 (4)
grootste diameter circulatieleiding	22 mm
$\Delta T$ circulatienet	7 K
Bijgewerkte tekeningen aanwezig	Er zijn papieren tekeningen aanwezig die verre van volledig zijn.
Type douchemengkraan	Mechanisch met na-gekoppeld desinfectiesysteem

Klachten / opmerkingen / al getroffen maatregelen.

Problemen bij de centrale thermostatische mengkraan in het zwembad. Temperatuurschommelingen op douches. Matig tot slecht geïsoleerd warmwatercirculatieleidingnet. Circulatiepomp met grote opvoerhoogte (80 kPa). Erosie van koperen circulatieleidingen. Keuken/ spoelkeuken zijn aangesloten op het systeem van het zwembadnet en hebben grote piekverbruiken. Meetlocatie boven plafond goed mogelijk.

In het hotel zijn delen van het warmtapwatercirculatie-net ingestort in de betonconstructie. Dit geeft ongewenste opwarming en een enorm energieverlies. De circulatiepomp wordt daarom alleen ingeschakeld tijdens de piektijden van het warmtapwatergebruik. Tijdens het starten van het circulatiesysteem of na het uitschakelen ervan komen enige tijd temperatuurschommelingen op de douchemengkranen voor. Dit wordt door de beheerder geaccepteerd. Daarnaast blijken de thermostatische mengkranen erg onderhoudsgevoelig wat zich uit in temperatuurklachten. De organisatie van de technische dienst is hier op ingesteld. Bij temperatuurklachten (tijdens ingeschakelde circulatiepomp) wordt de thermostatische mengkraan vervangen door een gereviseerd exemplaar.

## **B8.5 Woongebouw**

In een woongebouw zijn de woningen aangesloten op een collectieve warmtapwaterinstallatie. De woningen zijn voorzien van een warmwatermeter. Bij de oplevering was het voor de bewoners mogelijk een grote volumestroom af te nemen die slechts was begrensd door de weerstanden in het leidingnet. De grote afnames gaven een hoog comfortniveau maar veroorzaakten wel grote drukschommelingen in het leidingnet. Inmiddels zijn volumestroombegrenzers geplaatst en de drukschommelingen, en dus ook de temperatuurschommelingen, zijn nu niet meer aanwezig.



Korenmolenlaan 4  
3447 GG Woerden  
Telefoon: 088 401 06 20

[info@tvvl.nl](mailto:info@tvvl.nl) | [www.tvvl.nl](http://www.tvvl.nl)

