

Aanvulling bij ISSO-Publicatie 55

Veilig en comfortabel douchen

Het beperken van temperatuurschommelingen bij douchemengkranen

Tot stand gekomen met financiering van:



Stichting ISSO
Rotterdam, 22 mei 2019
Versie 2.4

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	3
Symbolenlijst	4
Begrippen.....	5
1 Inleiding.....	6
1.1 Aanleiding.....	6
1.2 Risico's van temperatuurschommelingen	6
1.3 Doelgroep van dit rapport	6
1.4 Leeswijzer	6
2 Temperatuurschommelingen nader verklaard.....	7
2.1 Het ontstaan van druk- en temperatuurschommelingen	7
2.1.1 Het begrip autoriteit	7
2.1.2 Invloed leidingdimensionering.....	8
2.2 Werking van douchemengkranen.....	9
2.2.1 Niet-thermostatische mengkranen.....	9
2.2.2 Thermostatische mengkranen	10
3 Ontwerprichtlijn ter beperking temperatuurschommelingen.....	12
3.1 Gewenste autoriteit douche-aansluitleiding.....	12
3.2 Stappenplan voor bepalen autoriteit douche-aansluitleiding.....	13
3.2.1 Rekenmethode.....	13
3.2.2 Verhogen van de autoriteit van de aansluitleiding	14
3.2.3 Aanbeveling: Bepaal werkingspunt douchekop in installatiekarakteristiek.....	16
3.3 Berekeningswijze autoriteit douche-aansluitleidingen	22
3.4 Overige aandachtspunten bij het beperken van temperatuurschommelingen	24
3.4.1 Aparte voeding warmtapwaterbereider	24
3.4.2 Terugstromen uit circulatiesysteem.....	24
3.4.3 Temperatuurwisselingen bij stadsverwarming als warmtebron.....	24
3.4.4 Pulserende volumestromen en temperatuurwisselingen bij collectieve warmtapwaterinstallaties.....	24
3.4.5 Temperatuurschommelingen door falende keerkleppen.....	25
Literatuur.....	26

Samenvatting

Deze aanvulling op ISSO-Publicatie 55 [1] bevat richtlijnen ten behoeve van het ontwerpen en realiseren van leidingwaterinstallaties, waarmee drukschommelingen aan de inlaten van douchemengkranen kunnen worden beheerst en waarmee temperatuurschommelingen van het mengwater uit de douchekop binnen acceptabele grenzen kunnen worden gehouden.





De richtlijnen zijn gebaseerd op de aanbevelingen uit voorstudierapport ST-35 van TVVL en Techniek Nederland (voorheen Uneto-VNI) [2].

Dit aanvullingsrapport is alleen te gebruiken in combinatie met ISSO-Publicatie 55.

Dit aanvullingsrapport is tot stand gekomen met medewerking van:

Eric van der Blom (Techniek Nederland)
Michiel van Bruggen (De Energiemanager)
Walter van der Schee (Croonwolterendros)
Will Scheffer (TVVL)
Irene van Veelen (ISSO)

Symbolenlijst

	Terugstroombeveiliging
	Drukreducerventiel
	Drukafhankelijke volumestroombegrenzer
	Veiligheidsklep

Begrippen

Autoriteit aansluitleiding

Verhouding tussen het drukverlies over een aansluitleiding van een mengkraan en de som van het drukverlies over de aansluitleiding en de verdeelleiding. Zie ook formule 1 en tabel 3.1.

Drukafhankelijke volumestroombegrenzer

Appendage dat de volumestroom vanaf de aanspreekdruk zowel beperkt als binnen nauwe grenzen constant houdt, bij zowel op- als neergaande werkdruk. Ook wel volumestroomregulator genoemd. Producteisen zijn vastgelegd in Kiwa BRL-K635.

Installatiekarakteristiek

Grafiek die het drukverlies van de installatie weergeeft op basis van de volumestroom. Hierbij staat het drukverlies op de y-as en volumestroom op de x-as.

Stabilisatieperiode

De tijd die een thermostatische (douche)mengkraan nodig heeft om na een druk- of temperatuurverandering in de koud- of warmwateraansluitpoort van de mengkraan weer een stabiele temperatuur te bereiken.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Bij gebruik van (thermostatische) mengkranen treden vaak temperatuurschommelingen van het mengwater op. Problemen met temperatuurschommelingen van douchewater komen regelmatig voor bij alle soorten gebouwen met collectieve leidingnetten, zoals zorginstellingen, appartementencomplexen en hotels. Tijdens douchen kan dit oncomfortabel zijn, en soms zelfs gevaarlijk.

Deze temperatuurschommelingen kunnen zich voordoen bij te grote drukfluctuaties in de collectieve leidingnetten, bij kleine langzame drukfluctuaties en bij een te groot verschil in de gebruiksdruk tussen de koud- en warmwateraansluiting op de mengkraan.

Voorstudierapport TVVL ST-35

TVVL en Techniek Nederland (voorheen Uneto-VNI) hebben in 2016 voorstudie ST-35 [2] uitgevoerd om tot aanvullende (ontwerp)richtlijnen te komen waarmee temperatuurschommelingen van mengwater uit de douchekop binnen acceptabele grenzen kunnen worden gehouden. Naast een literatuuronderzoek zijn in deze voorstudie aan de hand van een praktijksituatie problemen onderzocht en metingen en berekeningen uitgevoerd. Ook zijn metingen aan thermostatische mengkranen uitgevoerd in het laboratorium van Kiwa Nederland B.V.

In de voorstudie zijn aanvullende richtlijnen opgesteld voor het ontwerpen van collectieve leidingwaterinstallaties (en van daarop aangesloten woninginstallaties), waarmee temperatuurschommelingen van het mengwater uit de douchekop binnen aanvaardbare grenzen kunnen worden gehouden. De aanbevelingen en richtlijnen van voorstudie ST-35 zijn in deze rapportage uitgewerkt.

1.2 Risico's van temperatuurschommelingen

Wanneer in korte tijd (enkele seconden) de temperatuur van het water uit de douchekop verandert van bijvoorbeeld warm naar heet kan dit ernstige gevolgen hebben. Mensen die minder mobiel zijn of minder alert kunnen schrikken, vallen en zich zelfs verbranden. Ook fluctuaties naar een lagere temperatuur zijn oncomfortabel en kunnen door schrikreacties leiden tot uitglijden op de natte en gladde ondergrond. Kortom, een temperatuurschommeling aan de douchemengkraan is oncomfortabel en kan zelfs gevaarlijk zijn en ernstige risico's met zich meebrengen.

1.3 Doelgroep van dit rapport

De aanvullende ontwerprichtlijnen die in deze uitgave staan beschreven, zijn zo opgezet dat deze praktisch toepasbaar zijn voor een ontwerper en werkvoorbereider bij installatiebedrijven en adviesbureaus. Aan de hand van illustraties wordt de complexe materie helder uitgelegd, zodat de richtlijnen ook hun weg vinden in de dagelijkse toepassing. Dit rapport vormt een aanvulling op ISSO-Publicatie 55 en moet daarmee in samenhang gelezen worden.

1.4 Leeswijzer

In deze uitgave komen achtereenvolgens aan bod:

- In hoofdstuk 2: Temperatuurschommelingen nader verklaard. Een uitleg over het ontstaan van drukschommelingen en het effect hiervan op de temperatuur.
- In hoofdstuk 3: Ontwerprichtlijnen ter beperking van temperatuurschommelingen. Uitleg van het begrip 'autoriteit' van verdeel- en aansluitleidingen, gebruik van de karakteristiek van de douchekop en de installatie, ontwerprichtlijnen en rekenvoorbeelden ter verduidelijking.

2 Temperatuurschommelingen nader verklaard

2.1 Het ontstaan van druk- en temperatuurschommelingen

Er bestaat een kwadratische relatie tussen druk en volumestroom ($p = 0,5 \cdot \rho \cdot v^2$). Wanneer de druk op de koudwaterpoort van de mengkraan daalt, daalt ook de volumestroom van het koudwater. Hierdoor wijzigt de mengverhouding tussen de koud- en warmwatervolumestroom en stijgt de temperatuur van het mengwater.

- Een *thermostatische douchemengkraan* heeft tijd nodig om hierop te reageren en de ingestelde temperatuur weer te bereiken. Dit is de *stabilisatieperiode*. Wanneer de drukschommeling plotseling optreedt, bijvoorbeeld doordat ergens anders een koudwaterkraan wordt geopend, en eventueel weer snel wordt gesloten, kan de thermostatische douchemengkraan dit ten gevolge van de stabilisatieperiode onvoldoende snel herstellen. Gevolg is dat de gebruiker te maken krijgt met een (tijdelijke) verhoogde mengwatertemperatuur.
- Bij een *handmatig geregelde douchemengkraan* zal de gebruiker zelf de juiste mengwatertemperatuur moeten herstellen.

De invloed van een drukschommeling in het koudwater op de mengtemperatuur is daarbij relevanter c.q. problematischer dan een drukschommeling in het warmwater. Uit laboratoriummetingen in TVVL voorstudie ST-35 kwam naar voren dat:

- Een drukverlaging in het koudwater een temperatuurstijging laat zien van 2,0 – 4,8 K;
- Een drukverlaging in het warmwater een temperatuurverlaging laat zien van 0,4 – 2,3 K.

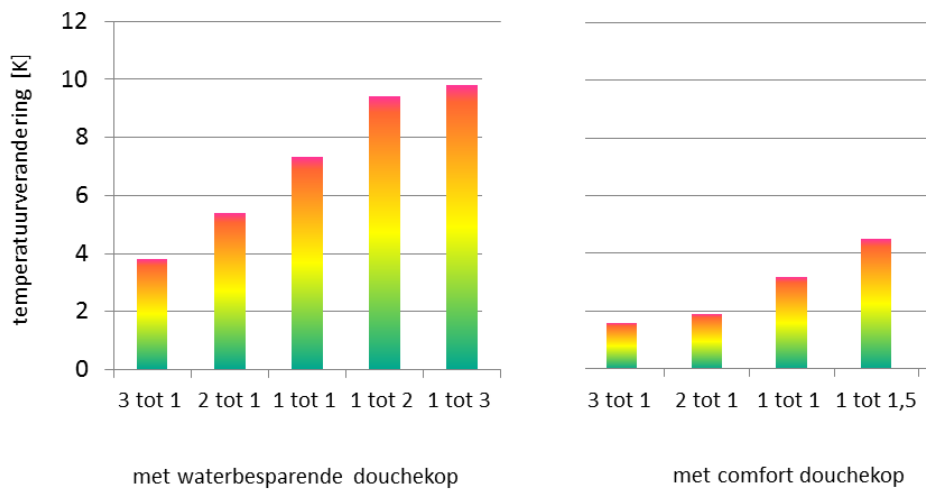
2.1.1 Het begrip autoriteit

Een thermostatische “zelfregelende” mengkraan wil invloed (*autoriteit*) kunnen uitoefenen op de volumestromen van koud- en warmwater. Om dat te kunnen realiseren moeten die volumestromen bovenstrooms de mengkamer verkleind kunnen worden, in plaats van een verlaging van de mengwatervolumestroom benedenstrooms, bijvoorbeeld door een waterbesparende douchekop. Om de invloed van drukschommelingen in het leidingnet op de mengwatertemperatuur verder te beperken, is het van belang dat de autoriteit komt te liggen bij de aansluitpoorten van de mengkraan. De te kiezen autoriteit is dan de verhouding van het drukverlies over een aansluitleiding van een mengkraan op het totaal aan drukverliezen over de aansluit- en verdeelleiding. Paragraaf 3.1 geeft hiervoor richtlijnen.

Autoriteit is een eigenschap die aangeeft hoe groot de invloed van een regelorgaan is op de druk en volumestroom in het leidingwerk achter dit orgaan.

Bijvoorbeeld: Is de autoriteit te klein, dan zal bij een klein stukje dichtdraaien van de kraan, de volumestroom of mengtemperatuur minder goed te regelen c.q. constant te houden zijn.

Afbeelding 2.1 laat de temperatuurverandering zien die optreedt bij verschillende verhoudingen van het drukverlies over de aansluitleiding tot het drukverlies over de verdeelleiding. (Deze verhoudingen mogen niet verward worden met de verhouding die bepalend zijn voor de autoriteit van de aansluitleiding, zie paragraaf 3.1).



Afb 2.1. Temperatuurverandering mengwater bij verhouding drukverlies aansluitleiding tot drukverlies verdeelleiding.

Drukschommelingen in de leidingwaterinstallatie worden beperkt door:

- Verdeelleidingen ruim te dimensioneren, met een laagdrukverlies;
- Aansluitleidingen zo klein mogelijk te dimensioneren, met groot drukverlies.

Afbeelding 3.8 geeft verdeel- en aansluitleidingen weer in verschillende leidingconfiguraties.

Hierbij moet uiteraard rekening worden gehouden met randvoorwaarden zoals maximale stroomsnelheid en beschikbare druk, zoals die gelden bij het ontwerp van een leidingwaterinstallatie. Er komt dus een extra ontwerpaspect bij.

Het verkleinen van de volumestroom ná de mengkraan door toepassen van een waterbesparende douchekop leidt dus tot grotere temperatuurschommelingen dan wanneer een volumestroomverlaging al vlak vóór de mengkraan in de aansluitleidingen plaatsvindt. Waterbesparende douchekoppen geven daarom grotere drukschommelingen door de lage volumestroom en het ontbreken van voldoende autoriteit van de mengkraan.

Het plaatsen van de volumestroombegrenzing aan de inlaat van de mengkraan zorgt daar voor een verhoogde autoriteit en verlaagt daarmee de temperatuurschommelingen van het mengwater.

Bij het gebruik van meerdere tappunten tegelijkertijd kunnen grote drukschommelingen ontstaan. In een onderzochte praktijksituatie bleek dat de drukverliezen in het collectieve leidingnet veel hoger waren dan het drukverlies in de aansluitleidingen. In het onderzoek kwam bij metingen naar voren dat:

- De drukval van het koudwater 160 - 340 kPa bedroeg;
- De stromingsweerstand van het betreffende leidingnet bij gebruik van één tappunt zeer hoog is (100 kPa);
- De thermostatische mengkraan goed reageert op (langzame) temperatuurschommelingen in de koud- en warmwaterinstallatie;
- De thermostatische mengkraan minder goed reageert op drukschommelingen in de koud- en warmwaterinstallatie.

2.1.2 Invloed leidingdimensionering

Berekeningen en metingen tonen aan dat er vaak sprake is van een te hoog drukverlies in het collectieve leidingnet. Dit bevordert drukschommelingen. Het drukverlies in het collectieve gedeelte is bij voorkeur laag ten opzichte van het drukverlies in de aansluitleidingen. Dimensioneren van het leidingnet is beschreven in ISSO-Publicatie 55 hoofdstuk 5.

2.2 Werking van douchemengkranen

Onderstaand worden de specifieke eigenschappen van hand- en thermostatisch geregelde mengkranen besproken voor huishoudelijke 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 uitgelegd.

2.2.1 Niet-thermostatische mengkranen

Er bestaat een grote variatie in de werking van mengkranen. Wanneer een kleine verdraaiing ($< 10\%$ van de maximale draaihoek van de kraangreep) resulteert in een grote verandering van de volumestroom ($> 60\%$ van de maximale volumestroom van de kraan), dan wijzigt bij een kleinste verandering in kraangreepstand dus ook de temperatuur van het mengwater. Dat betekent dat het corrigeren van een veranderende mengwatertemperatuur door de gebruiker lastig is.

Veel gunstiger is het wanneer bijvoorbeeld 15% verdraaiing van de maximale draaihoek van de kraangreep resulteert in 30% verandering van de maximale volumestroom van de kraan.

In een éénhendelmengkraan wordt de volumestroom doorgaans geregeld met de verticale draaihoek (op en neer bewegen) van de hendel. Bij draaien van warm naar koud, neemt de volumestroom geleidelijk toe, bereikt in het midden de hoogste waarde en neemt dan weer af. De éénhendelmengkraan heeft over het algemeen een kleiner regelgebied dan de tweeknopsmengkraan.

Om de invloed van drukschommelingen te beperken is het raadzaam een kraan te kiezen die een gunstig regelgebied heeft. Dit wil zeggen dat een kleine aanpassing van de draaihoek ook een kleine volumestroomverandering veroorzaakt.

Invloed temperatuurschommeling aansluitleiding

Wanneer mengwater wordt gemaakt uit 50% koud- en 50% warmwater, zal een temperatuurverandering van 1 K in de (aansluit-)leidingen een verandering geven van de mengwatertemperatuur van $0,5\text{ K}$. Kortdurende, plotselinge temperatuurschommelingen van $> 3\text{ K}$ in de leidingen kunnen 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.

Invloed drukschommeling aansluitleiding

De mate waarin een drukschommeling doorwerkt in de mengwatertemperatuur is afhankelijk van de gebruiksdruk (voordruk, is een dynamische druk), de doorlaat van de mengkraan en de weerstand van de doucheslang en douchekop.

Als voorbeeld is in tabel 2.1 een waterbesparende douchemengkraan genomen met een koudwatertemperatuur van 11 °C en warmwatertemperatuur van 65 °C met de volgende variabelen:

- A. Voor een (gedeeltelijk geopende) kraan met een volumestroom van 4 l/min ($0,067\text{ l/s}$) bij een drukval van 100 kPa over de kraan + douchekop, blijkt de mengwatertemperatuur ca. 3 K lager te worden bij een drukverhoging van 50 kPa in het koudwater en 5 K hoger bij een drukverlaging van 50 kPa in het koudwater;
- B. Bij de maximale belasting van deze kraan (volledige opening) van 9 l/min ($0,150\text{ l/s}$) bij een voordruk van 100 kPa is de invloed van een drukschommeling op de mengwatertemperatuur nog iets groter: resp. $3,6$ en 8 K ;
- C. Bij een initiële voordruk van 300 kPa op koud en warm is de mengwatervolumestroom groter en zijn de temperatuurschommelingen als gevolg van drukveranderingen kleiner: resp. $1,1$ en $1,4\text{ K}$;
- D. Bij de maximale belasting van deze kraan (volledige opening) van $17,6\text{ l/min}$ ($0,293\text{ l/s}$) bij een voordruk van 300 kPa is de invloed van een drukschommeling op de mengwatertemperatuur vergelijkbaar: resp. $1,1$ en $1,4\text{ K}$.

Tabel 2.1 Effecten op de mengwatertemperatuur bij een drukdaling of drukstijging van het koudwater van 50 kPa. ($t_k = 11\text{ °C}$ en $t_w = 65\text{ °C}$)

Mengkraan stand	Voordruk koud- en warm water [kPa]	Volumestroom [l/s]	Mengwatertemperatuur [°C]		
			Gelijke voordruk	Na drukstijging koud + 50 kPa	Na drukdaling koud - 50 kPa
A. Min open	100	0,067	38,0	35,1	43,0
B. Max open	100	0,150	38,0	34,4	46,0
C. Min open	300	0,130	38,0	37,0	39,3
D. Max open	300	0,293	38,0	36,9	39,4

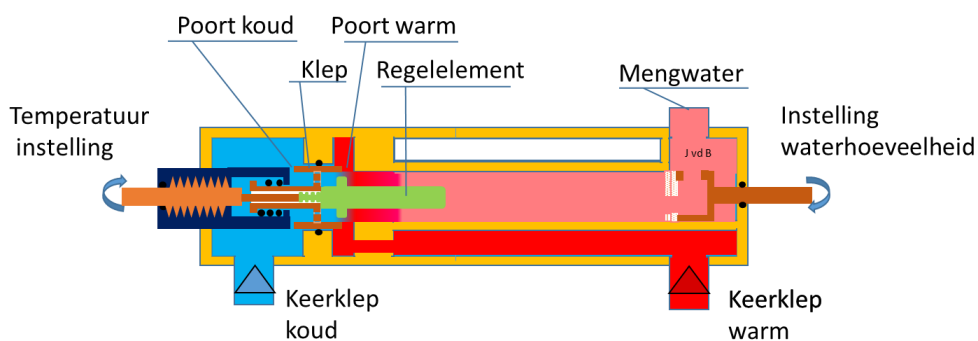
Bij een mengkraan met een grotere capaciteit (dat wil zeggen grotere volumestroom bij dezelfde voordruk) zijn de effecten op de mengwatertemperatuur van vergelijkbare grootte.

Het effect van een (relatief kleine) drukschommeling op de mengwatertemperatuur is groter bij een lagere voordruk (gebruiksdruk) dan bij een hogere (voordruk) gebruiksdruk.

2.2.2 Thermostatische mengkranen

Temperatuurschommelingen treden ook op met thermostatische mengkranen. In afbeelding 2.2 is een principetekening opgenomen van een willekeurige thermostatische mengkraan. De verstelling van de klep vindt plaats op basis van de afwijking tussen de ingestelde mengwatertemperatuur en de temperatuur die door het regelement wordt gemeten (proportionele regeling). Bij een verandering van de koud- of warmwatertemperatuur zal de klepstand dus veranderen. Ook bij een wijziging van de gebruiksdruk(ken) verandert de mengwatertemperatuur en daarmee de stand van de klep.

De temperatuurinstelling vindt, bij de meeste modellen, plaats met een draaiknop, die de klep met het regelement verplaatst met behulp van een schroefspindel.



Afb. 2.2 Principetekening van een willekeurige thermostatische mengkraan (Bron: TVVL rapport ST-35).

Invoed temperatuurschommeling aansluitleiding

Bij een (plotselinge) temperatuurdaling van het koud- of warmtapwater daalt de temperatuur van het mengwater. Hierdoor krimpt de inhoud van het thermostatische regelement en verplaatst het regelement met klep zich naar links. De poort van warmwater wordt hierdoor verder geopend en de poort van koudwater wordt meer gesloten. Er ontstaat een nieuw evenwicht tussen de mengwatertemperatuur en de stand van de klep.

Bij een temperatuurstijging van het koud- of warmtapwater verloopt dit proces omgekeerd.

Temperatuurvariaties hebben altijd invloed op de mengwatertemperatuur.

Invloed drukschommeling aansluitleiding

Bij een (plotselinge) drukstijging van het koudwater, stijgt de koudwatervolumestroom, en daalt de temperatuur van het mengwater. De reactie van de kraan verloopt hetzelfde als hierboven. Bij een drukdaling van het koudwater verloopt dit proces omgekeerd.

Drukvariaties hebben altijd invloed op de mengwatertemperatuur.

Nauwkeurigheid regeling en reactietijd

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 regelnauwkeurigheid wordt mede bepaald door de snelheid waarmee het regelement reageert op temperatuurveranderingen.

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

Elektronische mengkranen met een PI-regeling (*proportioneel integrerend*) 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.

3 Ontwerprichtlijn ter beperking temperatuurschommelingen

3.1 Gewenste autoriteit douche-aansluitleiding

Om hinderlijke drukschommelingen op de douchemengkraan te voorkomen is het belangrijk dat er een juiste verhouding is tussen het drukverlies over de aansluitleiding en het drukverlies over de aansluitleiding plus verdeelleiding. Dit geldt zowel voor de koudwaterleiding als de warmwaterleiding.

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

$$A_{AI} = \frac{\Delta p_{AI}}{\Delta p_{AI} + \Delta p_{VI}} > 0,5 \quad [1]$$

ofwel:

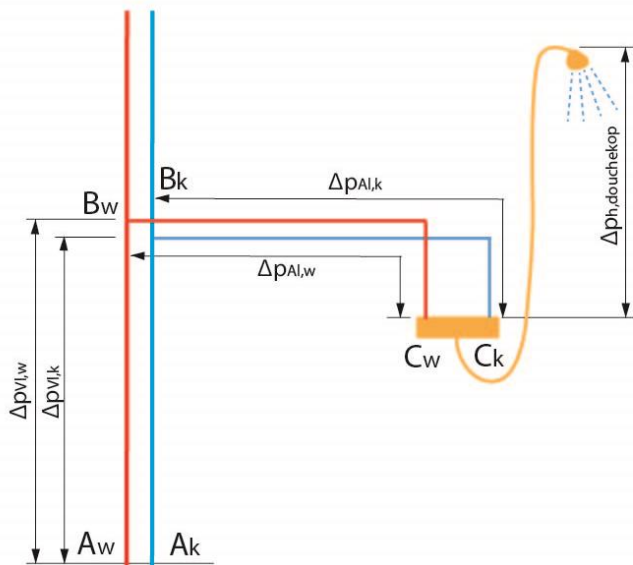
$$\Delta p_{AI} > \Delta p_{VI}$$

Waarin:

Δp_{AI} = het ontwerpdrukverlies in de (douche-)aansluitleiding tot op de mengkraan [kPa]

Δp_{VI} = het ontwerpdrukverlies in het verdeelingsysteem (tot aan het punt waarop de aansluitleiding op het verdeelingsysteem is aangesloten) [kPa]

In onderstaande afbeelding 3.1 is een en ander schematisch weergegeven.



Afb 3.1 Schematische weergave verdeelleiding en aansluitleiding

3.2 Stappenplan voor bepalen autoriteit douche-aansluitleiding

3.2.1 Rekenmethode

Volg voor het bepalen van de autoriteit in de aansluitleiding de volgende stappen. In paragraaf 3.2.2 volgt een uitgewerkt voorbeeld om te controleren of de situatie voldoet.

1. Selecteer de douchekop

Selecteer een douchekop die de gewenste volumestroom kan leveren bij een gebruiksdruk van ≥ 100 kPa. Maak hiervoor gebruik van de douchekopkarakteristiek volgens opgave van de fabrikant.

2. Dimensioneer het collectieve leidingnet voor koud- en warmtapwater

- Beperk het drukverlies in de collectieve-/ verdeelleidingnetten (tot aan de aansluitleidingen van de woningen/hotelkamers/douchemengkraan) als richtlijn tot ≤ 80 kPa. Dit drukverlies moet namelijk ook in de aansluitleidingen worden gerealiseerd in verband met 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 (Δp_{dyn}) tussen de koud- en warmwateraansluitingen van de woningen/hotelkamers/douche-aansluitleidingen op de verdeelleidingen beperkt is. Als richtlijn kan tot 10% van de grootste van die twee dynamische ontwerpdrukken worden aangehouden.

OPMERKING:

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.

3. Dimensioneer de 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 de verdeelleidingen op basis van de MMV.
- Bereken daarna het drukverlies vanaf de verdeelleidingen 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.

4. Douchemengkraan

Selecteer een douchemengkraan waarvan bij volledige opening de karakteristiek ruim boven het (ontwerp)werkingspunt van de douchekop ligt.

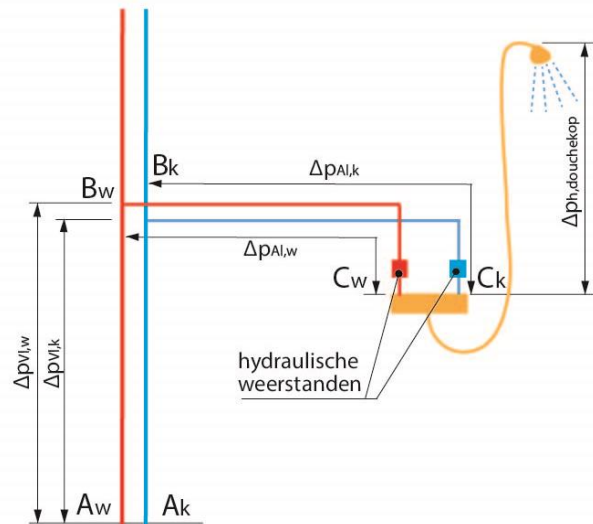
- De grootte van het regelgebied van *handgeregelde* mengkranen verschilt per type en uitvoering. Voor een veilige en comfortabele temperatuurcorrectie tijdens douchen is een groot regelgebied gunstig.
- De mengwatertemperatuur van *thermostatisch* geregelde mengkranen kan bij kleinere volumestromen of bij kleine - of grote drukschommelingen in combinatie met kleinere volumestromen afwijken van de normwaarden vastgelegd in de betreffende Europese productnorm, afhankelijk van type en uitvoering. Informeer bij de fabrikant/leverancier bij welke volumestromen en drukschommelingen de mengwaterwatertemperatuur binnen de normen valt van de meest recente EN 1111.

5. Plaats drukonafhankelijke volumestroombegrenzers voor de aansluitingen op de douchemengkraan

Het drukverlies in de aansluitleidingen is (bij alleen douchegebruik) veelal te gering waardoor de aansluitleidingen niet de gewenste autoriteit hebben. Plaats een drukonafhankelijke volumestroombegrenzer in iedere aansluitpoort van de douchemengkraan, zodat extra drukverlies wordt gecreëerd, waardoor de autoriteit komt te liggen bij de aansluitleidingen (vanaf de verdeelleidingen tot op de douchemengkraan) inclusief de daaraan gekoppelde extra weerstand,

zie afbeelding 3.2. In afbeelding 3.2 zijn de drukonafhankelijke volumestroombegrenzers aangeduid als hydraulische weerstand.

OPMERKING: waar in dit document verder over begrenzers wordt gesproken, worden drukonafhankelijke volumestroombegrenzers bedoeld.



Afb 3.2 Schematische weergave verdeelleiding, aansluitleiding en hydraulische weerstanden

Voldaan moeten worden aan, zie afb 3.2:

$$\Delta p_{Al,k} > \Delta p_{vl,k}$$

en

$$\Delta p_{Al,w} > \Delta p_{vl,w}$$

3.2.2 Verhogen van de autoriteit van de aansluitleiding

De autoriteit van de aansluitleiding (warm en koud) naar de douchemengkraan kan worden verhoogd met hydraulische weerstanden zoals hiervoor beschreven. In de praktijk worden hiervoor drukonafhankelijke volumestroombegrenzers toegepast. Een voorbeeld is gegeven in afbeeldingen 3.3 tot en met 3.7.



Afb. 3.3 Opengewerkte drukonafhankelijke volumestroombegrenzer: HL2024 Flow Controller



Afb. 3.4 HL2024 Connect, geplaatst in aansluiting van de thermostatische mengkraan.



Afb. 3.5 HL2024 Connect (separaat)



Afb. 3.6 HL2024 Connect-S als voorbeeld van drukonafhankelijke begrenzing in de S-koppeling.

Deze begrenzers 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. Er is tijdens montage geen inregelen nodig. Toepassing van drukonafhankelijke volumestroombegrenzers moet plaatsvinden in overleg met de fabrikant/leverancier en in afstemming met de karakteristieken van de geselecteerde douchekep en mengkraan. In Kiwa BRL-K635 zijn de eisen vastgelegd waar een goed functionerende drukonafhankelijke volumestroombegrenzer aan moet voldoen.

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

- Een snelle en nauwkeurige reactie 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 drukonafhankelijke volumestroombegrenzers voldoen aan die eisen.

3.2.3 Aanbeveling: Bepaal werkingpunt douchekop in installatiekarakteristiek

Het is aan te bevelen de bovenstaande stappen en het werkingpunt van de douchekop grafisch weer te geven in een installatiekarakteristiek. Daarmee kan gecontroleerd worden of het werkingpunt ligt binnen de onderste en bovenste grenzen, dit is het grijze gebied in afbeelding 3.7f.

Zie onderstaand stappenplan met de daarbij behorende afbeelding 3.7a t/m f.

Lijn in grafiek	Omschrijving	Rekenvoorbeeld uitwerking
Stap 1 - Selecteren van de douchekop + intekenen in grafiek		
1	Selecteer een douchekop (+ slang) met de gewenste volumestroom bij een gebruiksdruk van 100 kPa. Plaats vanaf het nulpunt op de installatiekarakteristiek de douchekopkarakteristiek; dit is de lijn die het verband laat zien tussen de volumestroom en de gebruiksdruk. De douchekopkarakteristiek wordt opgegeven door de fabrikant of berekend met formule 5.23 uit ISSO-55.	Geselecteerd is een douchekop (+ slang) met een volumestroom van 0,19 l/s bij een gebruiksdruk van 100 kPa (is douche III volgens specificatieblad III.4-2 van ISSO-55).
2	Bereken de bijbehorende warmwater volumestroom. Plaats vanaf het nulpunt op de installatiekarakteristiek de warmwater deelkarakteristiek van de douchekop.	$t_{\text{meng}} = 38\text{ °C} / t_{\text{koud}} = 10\text{ °C}$ warmwater volumestroom: $0,19\text{ l/s} \cdot (38-10) / (60-10) = 0,106\text{ l/s}$
3	Bereken de bijbehorende koudwater volumestroom. Plaats vanaf het nulpunt op de installatiekarakteristiek de koudwater deelkarakteristiek van de douchekop. Uitwerking stap 1-3: zie afb. 3.7a	koudwater volumestroom: $0,19\text{ l/s} - 0,106\text{ l/s} = 0,084\text{ l/s}$
4	Plaats op de verticale as een markeringspunt bij de hoogte van de statische druk op de douchemengkraan.	De statische druk op de douchemengkraan is bijv. 500 kPa. Plaats op de verticale as een markeringspunt op 500 kPa. ($\Delta p_{\text{stat,h,douchemengkraan}}$)
5	Verplaats op de verticale as het punt van stap 4 naar beneden met het statische drukhoogteverschil tussen de mengkraan en de douchekop;	In dit voorbeeld is de afstand 1,15 m. Verplaats het punt 11,5 kPa omlaag. ($\Delta p_{\text{stat,h,douchekop}}$)
Stap 2 – Dimensioneren van het collectieve leidingnet voor koud- en warmtapwater + bepalen werkingsgebied		
stap 6	Geef op de verticale as vanaf het punt van stap 5 ($\Delta p_{\text{stat,h,douchekop}}$) naar beneden de drukverliezen over de verdeelleidingen aan voor warm en koud; $\Delta p_{\text{dyn,vl,kw}}$ en $\Delta p_{\text{dyn,vl,ww}}$ berekend op basis van de maximum moment volumestromen (MMV). Plaats een markeringspunt.	Voor dit voorbeeld wordt uitgegaan van fictieve getalswaarden: resp. 48 kPa en 46 kPa
stap 7	Plaats vervolgens op de verticale as vanaf het punt van stap 6 naar beneden een markeringspunt op een afstand die iets groter is dan het drukverlies over de verdeelleiding (kies de grootste van $\Delta p_{\text{dyn,vl,kw}}$ en $\Delta p_{\text{dyn,vl,ww}}$). Trek vanaf dit punt een horizontale lijn naar rechts waarmee de bovengrens wordt aangegeven voor de autoriteit van de aansluitleidingen. Uitwerking stap 4-7: zie afb. 3.7b	Voor dit voorbeeld wordt uitgegaan van fictieve getalswaarden: 56 kPa > 48 kPa Bovengrens: $500 - 11,5 - 48 - 56 = 384,5\text{ kPa}$

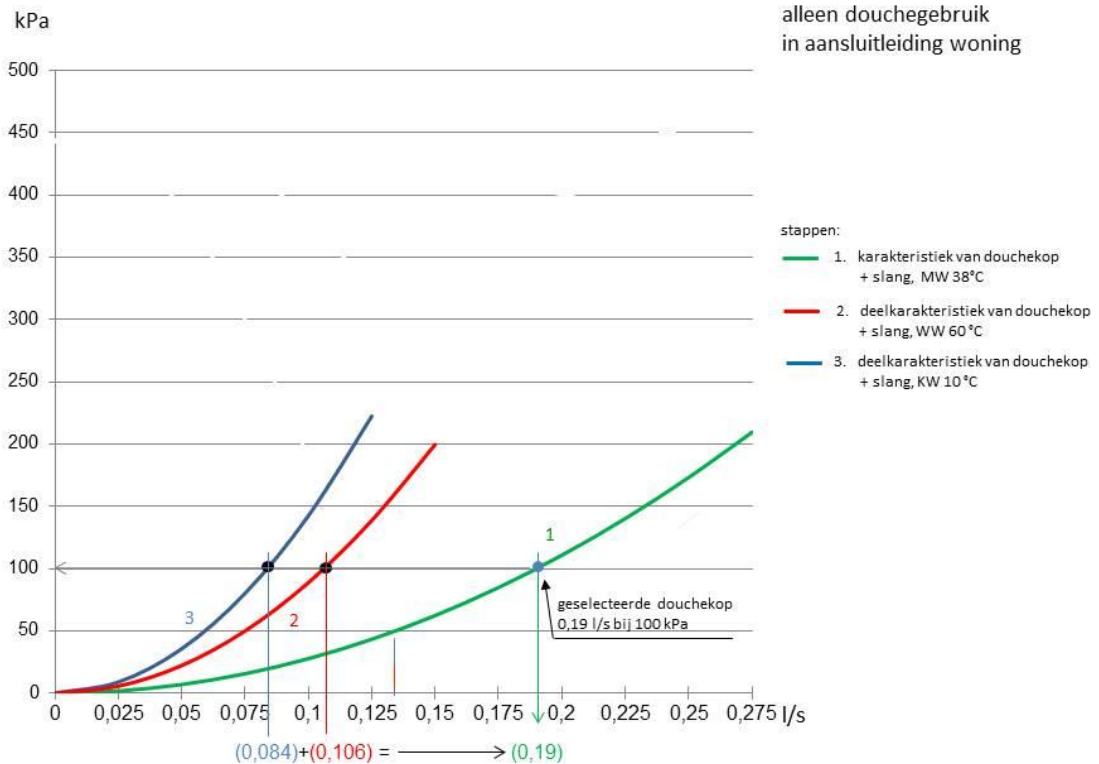
<p>stap 8</p>	<p>Plaats op de verticale as een markeringspunt dat de minimum gebruiksdruk aangeeft van de douchekop (opgave fabrikant). Trek vanaf dit punt een horizontale lijn naar rechts.</p> <p>Geef het vlak tussen deze lijn en de lijn van stap 7 een (grijze) kleur. Daarmee is het begrensde gebied aangegeven waarbinnen het werkingpunt van de douchekop zich moet bevinden.</p> <p>Uitwerking stap 8: zie afb. 3.7c</p>	
<p>Stap 3 – Dimensioneren aansluitleidingen en stap 4 – Selecteren douchemengkraan + intekenen in grafiek</p>		
<p>stap 9</p>	<p>Dimensioneer de aansluitleidingen en selecteer de douchemengkraan.</p> <p>Plaats vanaf het markeringspunt van stap 6 de gezamenlijke karakteristiek van de koudwater-aansluitleiding + mengkraan (in volledig open stand volgens opgave fabrikant) voor alleen douchegebruik.</p>	
<p>stap 10</p>	<p>Plaats vanaf het markeringspunt van stap 6 de gezamenlijke karakteristiek van de warmwater-aansluitleiding + mengkraan (in volledig open stand volgens opgave fabrikant) voor alleen douchegebruik.</p> <p>Uitwerking stap 9-10: zie afb. 3.7d</p>	
<p>Stap 5 – Selecteren drukonafhankelijke volumestroombegrenzers + intekenen werkingpunt</p>		
<p>stap 11</p>	<p>Plaats vanaf het markeringspunt van stap 6 de gezamenlijke karakteristiek van de warmwater-aansluitleiding + begrenzer (volgens opgave fabrikant) + mengkraan (in volledig open stand).</p>	<p>Gekozen wordt voor drukonafhankelijke volumestroombegrenzers van 8 l/min (0,133 l/s) in de koud- en warmwater-aansluitingen van de mengkraan.</p> <p>Zonder regeling van de kraan wordt dan de mengwater-volumestroom $2 \times 0,133 \text{ l/s} = 0,266 \text{ l/s}$ waarbij de mengwater-temperatuur zal dalen van 38 °C naar: $(0,133 \cdot 10) + (0,133 \cdot 60) / 0,266 \text{ l/s} = 35 \text{ °C}$.</p> <p>Let op: omdat de warmwater volumestroom groter is dan de koudwater volumestroom bij de opgegeven temperaturen (volgens punt 2 en 3), is de volumestroombegrenzer voor warmwater bepalend (binnen haar werkingsgebied 0,133 l/s bij $\Delta p > 150 \text{ kPa}$).</p>
<p>stap 12</p>	<p>Plaats vanaf het markeringspunt van stap 6 de gezamenlijke karakteristiek van de koudwater-aansluitleiding + begrenzer (met het drukverlies van vóór het werkingsgebied volgens opgave fabrikant) + mengkraan (in regelstand).</p> <p>Uitwerking stap 11-12: zie afb. 3.7e</p>	<p>Bij 0,133 l/s van 60°C is de mengwater-volumestroom (38 °C): $0,133 \text{ l/s} \cdot (60-10) / (38-10) = 0,238 \text{ l/s}$.</p> <p>De koudwater-volumestroom is dan: $0,238 - 0,133 \text{ l/s} = 0,105 \text{ l/s}$.</p>
<p>Conclusie</p> <p>Uit de horizontale lijn die de snijpunten van de lijnen 2-11 en 3-12 verbindt volgt dat het werkingsgebied van de douchekop komt te liggen op 0,238 l/s bij een gebruiksdruk van 160 kPa en ligt dus binnen het begrensde (grijs gekleurde) gebied. De situatie voldoet.</p> <p>Uitwerking totaal: zie afbeelding 3.7f</p>		

Variante 1

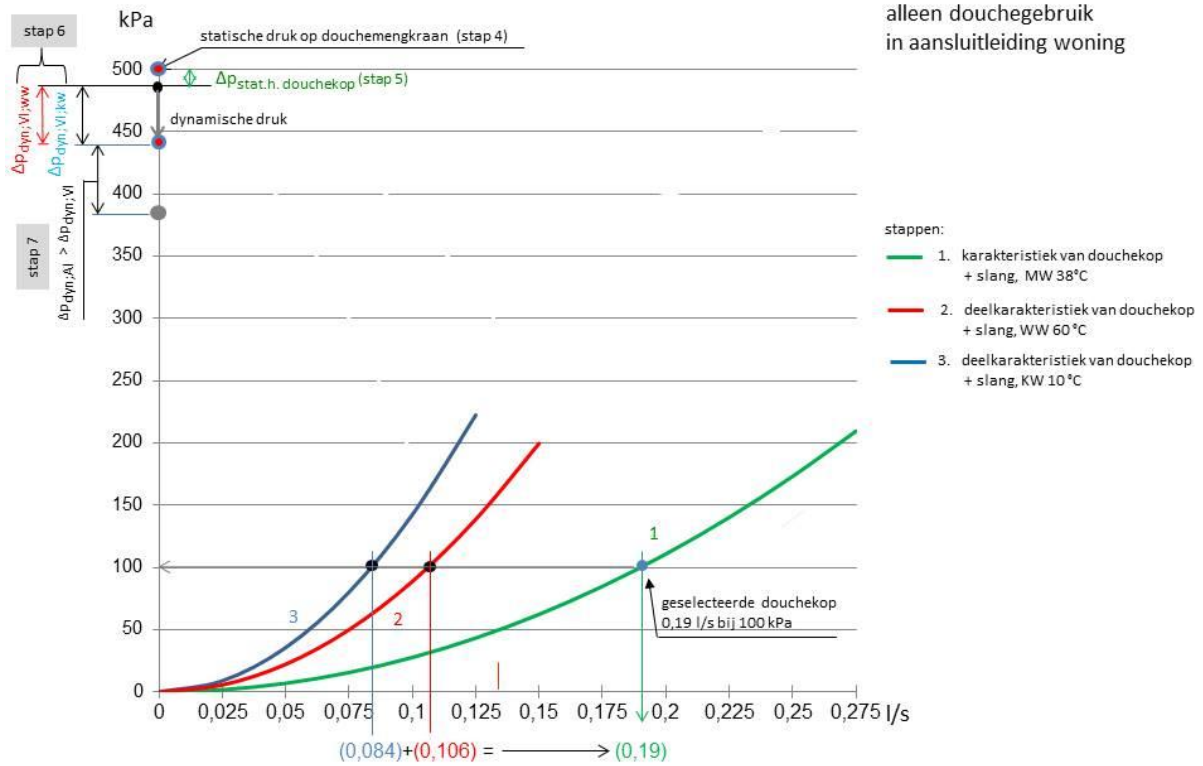
Wanneer de koudwater-temperatuur 20 °C in plaats van 10 °C is verwisselen de lijnen 2-11 (wordt koudwater) en 3-12 (wordt warmwater) nagenoeg volledig. De koudwater-volumestroombegrenzer is dan binnen het werkingsgebied bij de dan opgegeven temperaturen bepalend. De mengwater-volumestroom neemt gering toe tot 0,242 l/s bij een gebruiksdruk van ca. 160 kPa.

Variante 2

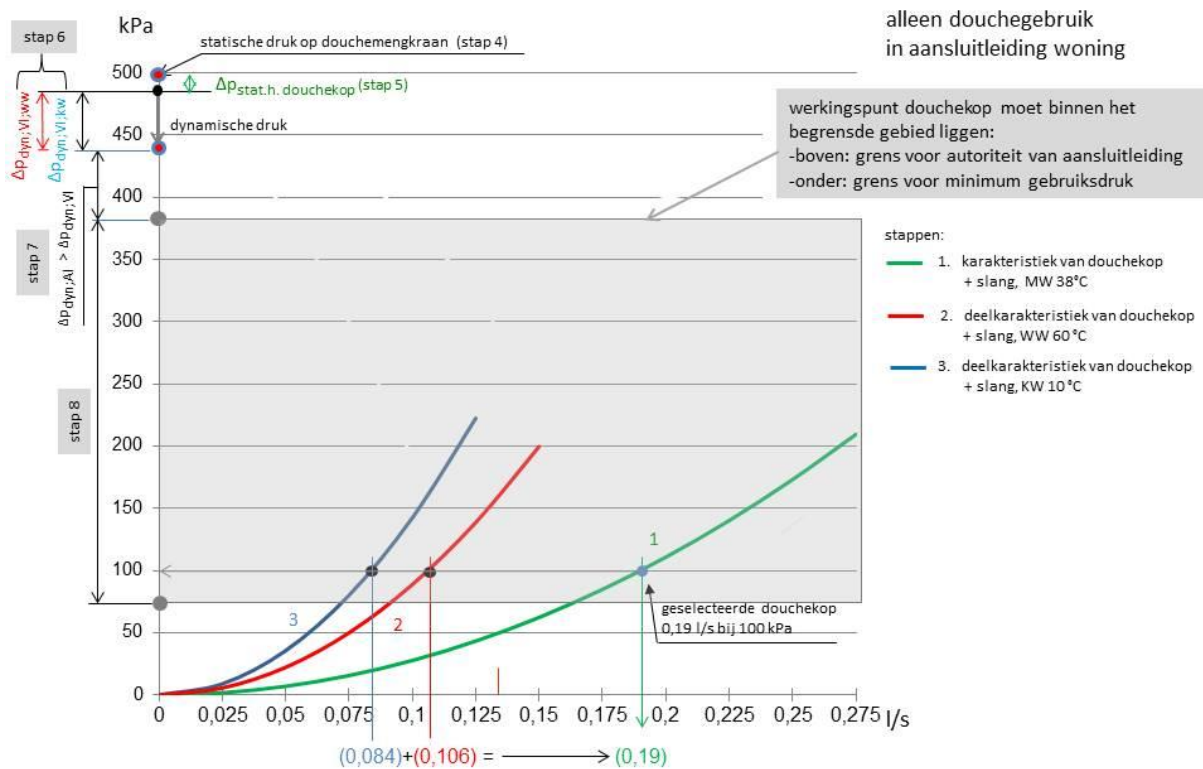
Wanneer de koudwater-temperatuur 16 °C in plaats van 10 °C is komen de lijnen 11 en 12 nagenoeg op elkaar te liggen. Beide begrenzers vallen binnen hun werkingsgebied. De mengwater-volumestroom neemt toe tot 0,266 l/s bij en gebruiksdruk van 195 kPa.



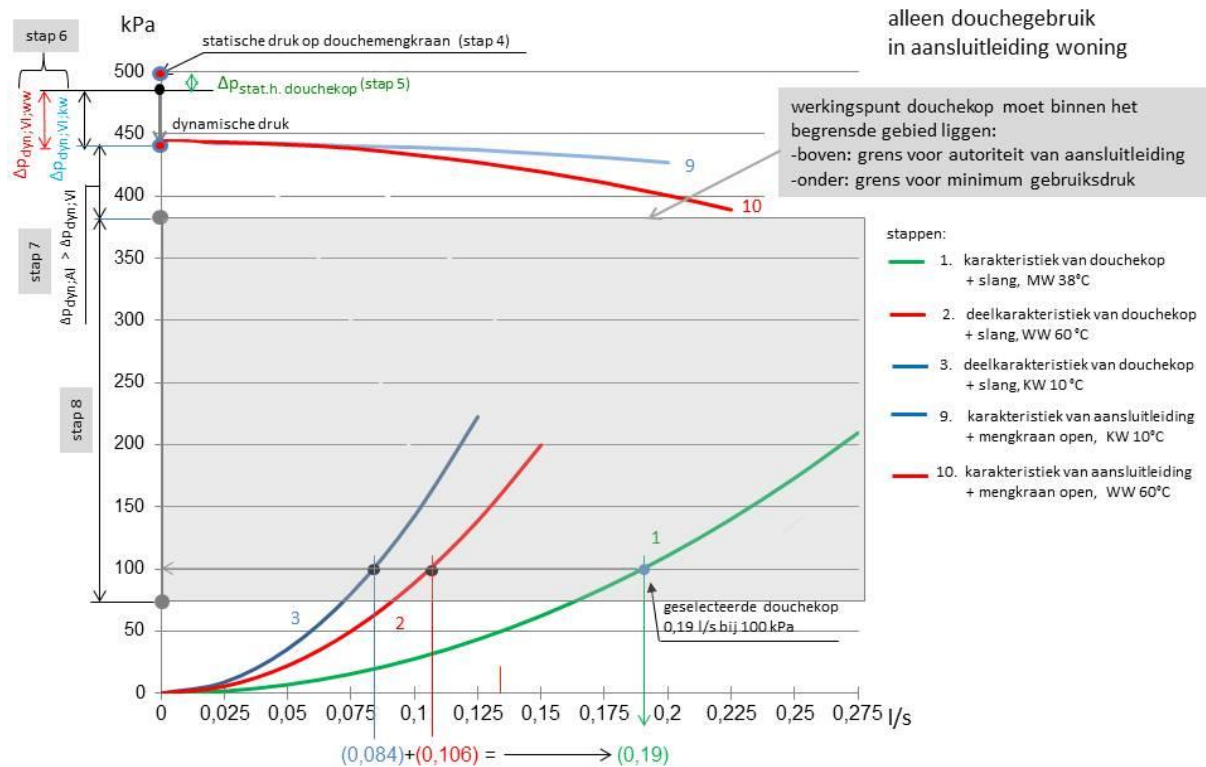
Afb. 3.7a Installatiekarakteristiek volgens bovenstaande stappenplan, stap 1-3.



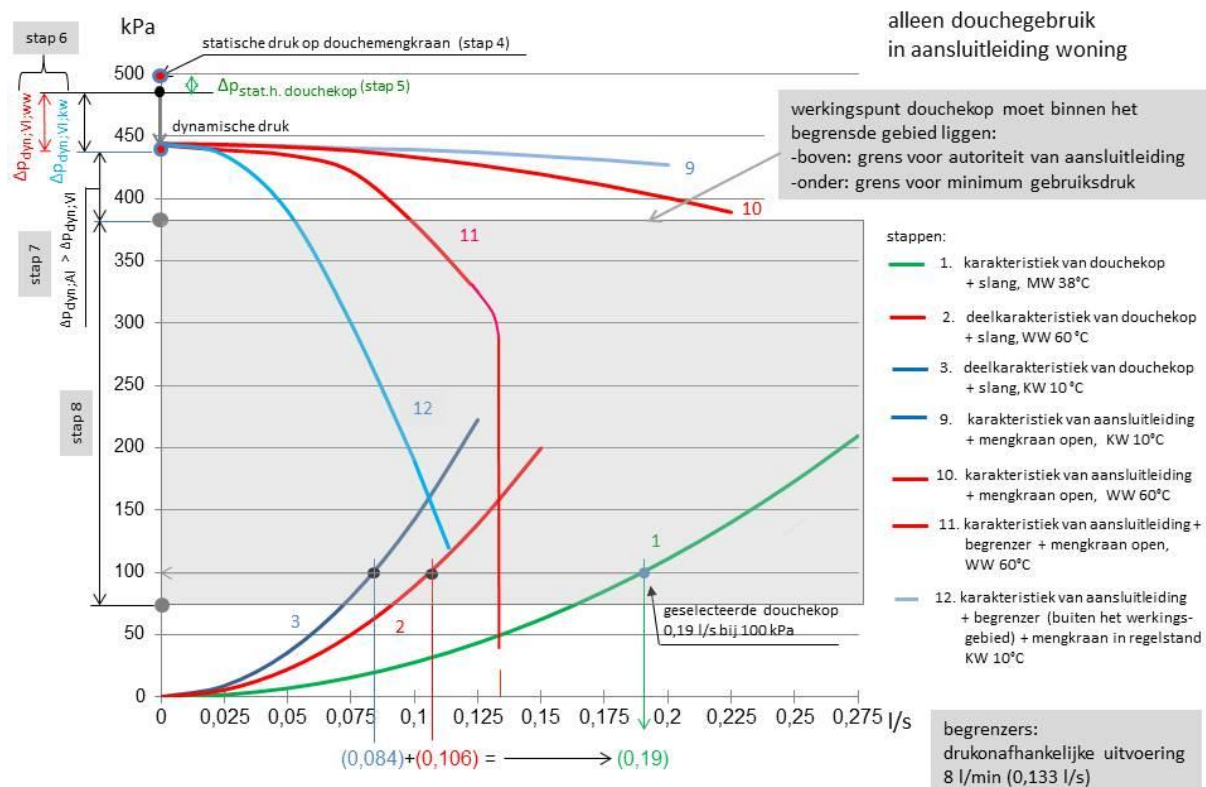
Afb. 3.7b Installatiekarakteristiek volgens bovenstaande stappenplan, stap 4-7.



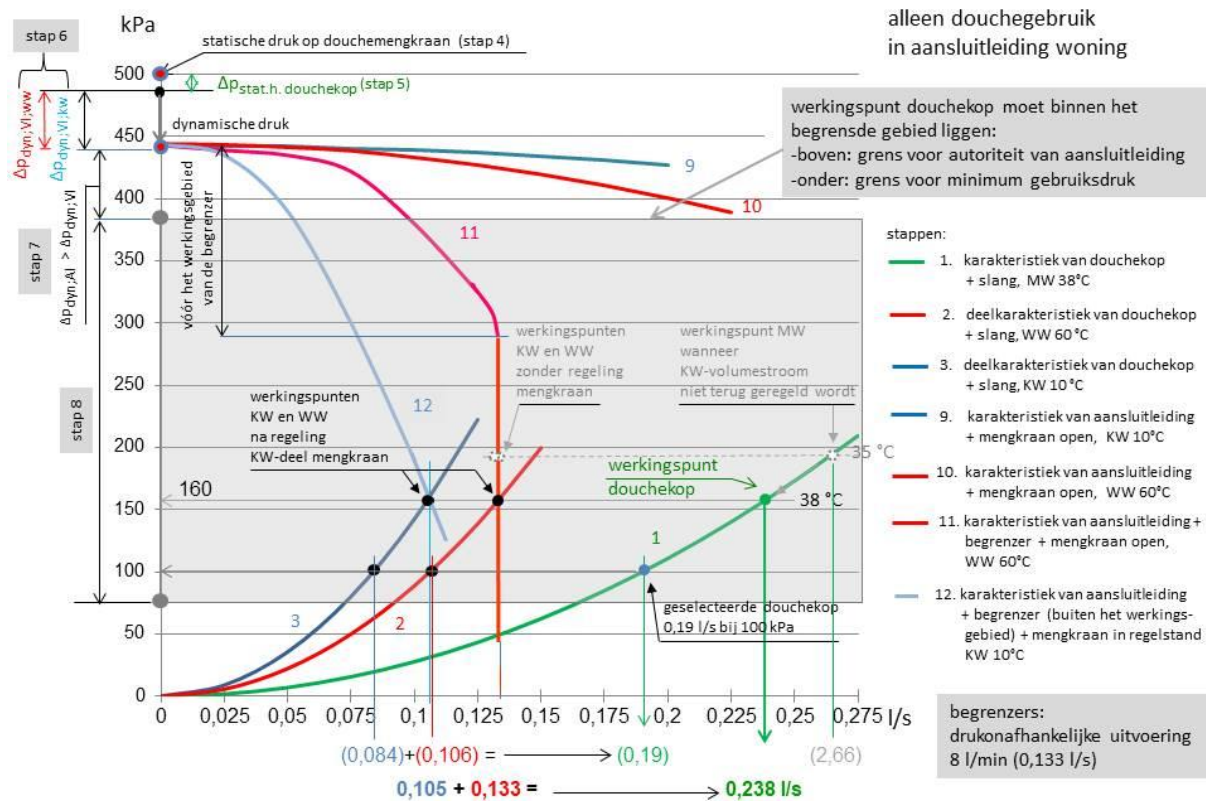
Afb. 3.7c Installatiekarakteristiek volgens bovenstaande stappenplan, stap 8.



Afb. 3.7d Installatiekarakteristiek volgens bovenstaande stappenplan, stap 9 en 10.



Afb. 3.7e Installatiekarakteristiek volgens bovenstaande stappenplan, stap 11 en 12.

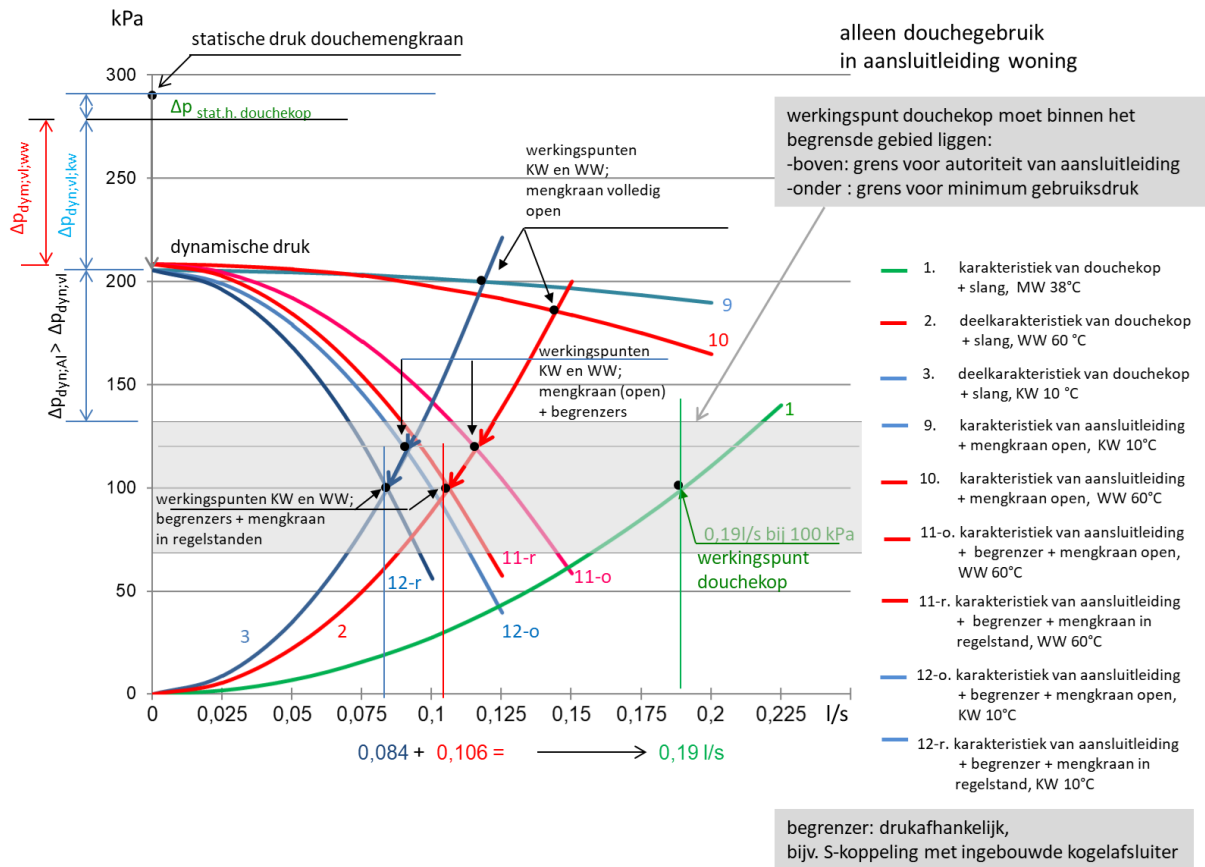


Afb. 3.7 Installatiekarakteristiek volgens bovenstaande stappenplan met toepassing van een drukonaafhankelijke volumestroombegrenzer in de koud- en warmwateraansluiting van de mengkraan. De functie van de koudwater drukonaafhankelijke volumestroombegrenzer wordt niet aangesproken omdat de koudwatervolumestroom wordt terug geregeld voor de gewenste mengwatertemperatuur. Het werkingspunt van de douchekop ligt binnen het begrensde gebied.

In dit voorbeeld is gekozen voor douche III (0,19 l/s bij een gebruiksdruk van 100 kPa) volgens specificatieblad III.4-2 van ISSO-55. In dit specificatieblad is voor douches een capaciteitsreeks opgenomen van I t/m VII.

De capaciteit van drukonaafhankelijke volumestroombegrenzers zijn fabricaat afhankelijk. Deze zijn er bijvoorbeeld in 5 l/min en 7,8 l/min en fabrikanten wijzen ook op de mogelijkheid van combineren.

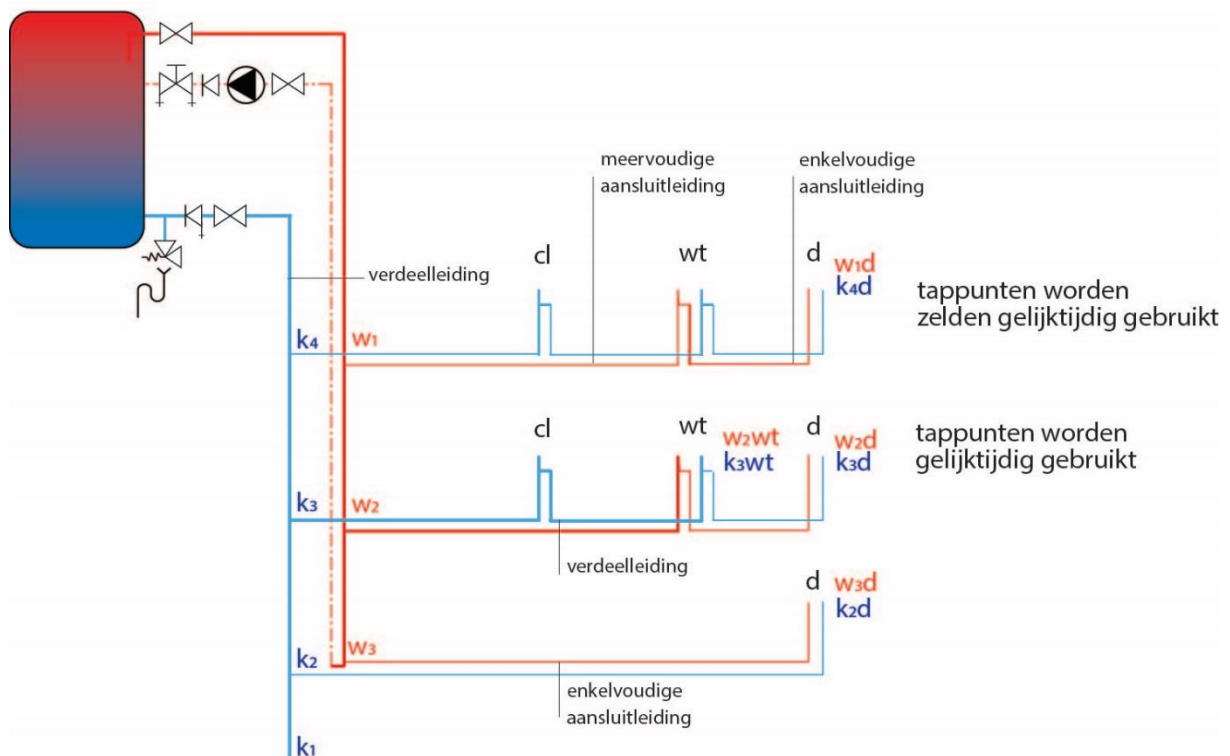
In afbeelding 3.8 is de installatiekarakteristiek weergegeven bij een lagere statische druk op de douchemengkraan en een groter drukverlies in de verdeelleidingen. In de aansluitingen van de mengkraan is een drukafhankelijke volumestroombegrenzer toegepast, bijvoorbeeld een S-koppeling met een ingebouwde kogelafsluiter. Door de lagere statische druk en een groter drukverlies in de verdeelleidingen is het begrensde gebied waarin het werkingspunt van de douchekop moet liggen kleiner dan in afbeelding 3.7f.



Afb. 3.8 Installatiekarakteristiek met toepassing van een drukafhankelijke volumestroombegrenzer in de koud- en warmwateraansluiting van de mengkraan. De capaciteit van de begrenzers wordt zodanig gekozen dat er nog voldoende na regeling mogelijk is voor de gewenste mengwatertemperatuur. Het werkpunt van de douchekep ligt binnen het begrenste gebied.

3.3 Berekeningswijze autoriteit douche-aansluitleidingen

Afbeelding 3.9 laat verschillende leidingconfiguraties zien van sanitaire ruimten waarin tappunten wel of niet gelijktijdig worden gebruikt. Daaronder is in een tabel uitgewerkt hoe de autoriteit van de douche-aansluitleiding moet worden berekend. De dikke leidingen zijn de verdeelleidingen (VI) en de dunne leidingen de (enkelvoudige of meervoudige) aansluitleidingen (AI).



Afb. 3.9 Leidingconfiguraties van verdeel- en aansluitleidingen douche

Tabel 3.1: Berekeningswijze autoriteit douche-aansluitleidingen bij afbeelding 3.9.

Situatie		Autoriteit berekening:
Tappunten zelden gelijktijdig in gebruik	koud	$A_{Al (k4-k4d)} = \frac{\Delta p_{Al (k4-k4d)}}{\Delta p_{Al (k4-k4d)} + \Delta p_{VI(k1-k4)}} > 0,5$ ofwel: $\Delta p_{Al(k4-k4d)} > \Delta p_{VI(k1-k4)}$
	warm	$A_{Al (w1-w1d)} = \frac{\Delta p_{Al (w1-w1d)}}{\Delta p_{Al (w1-w1d)} + \Delta p_{VI(k1-w1)}} > 0,5$ ofwel: $\Delta p_{Al(w1-w1d)} > \Delta p_{VI(k1-w1)}$
Tappunten worden gelijktijdig gebruikt	koud	$A_{Al (k3wt-k3d)} = \frac{\Delta p_{Al (k3wt-k3d)}}{\Delta p_{Al (k3wt-k3d)} + \Delta p_{VI(k1-k3wt)}} > 0,5$
	warm	$A_{Al (w2wt-w2d)} = \frac{\Delta p_{Al (w2wt-w2d)}}{\Delta p_{Al (w2wt-w2d)} + \Delta p_{VI(k1-w2wt)}} > 0,5$
Enkelvoudige aansluiting (één tappunt)	koud	$A_{Al (k2-k2d)} = \frac{\Delta p_{Al (k2-k2d)}}{\Delta p_{Al (k2-k2d)} + \Delta p_{VI(k1-k2)}} > 0,5$
	warm	$A_{Al (w3-w3d)} = \frac{\Delta p_{Al (w3-w3d)}}{\Delta p_{Al (w3-w3d)} + \Delta p_{VI(k1-w3)}} > 0,5$

3.4 Overige aandachtspunten bij het beperken van temperatuurschommelingen

Onderstaand is aangegeven welke factoren nog meer een rol kunnen spelen bij klachten over temperatuurschommelingen in het mengwater van bestaande installaties en hoe deze te verhelpen zijn.

3.4.1 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.

3.4.2 Terugstromen uit circulatiesysteem

In een collectief warmtapwaterleidingnet met een groot drukverlies kunnen temperatuurschommelingen optreden als gevolg van terugstroming uit het circulatienet tijdens tappen. In het circulatiesysteem draait dan de stroomrichting om en de circulatieleiding gaat als toevoer werken.

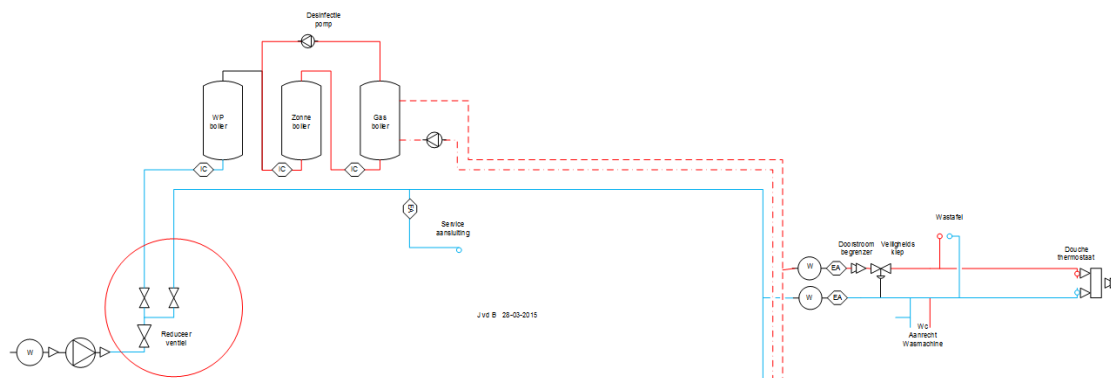
Als het circulatienet goed functioneert en de ΔT tussen aanvoer van warmtapwater en circulatiewater bij de warmtapwaterbereider voldoende klein is ($< 5 K$) zal dit voor de temperatuurschommeling tot weinig problemen leiden. In de praktijk zijn echter veel circulatiesystemen met deelringen die de vereiste temperatuur niet continu in het gehele circulatienet bereiken. Terugstroming tijdens tappen zal dan aanleiding kunnen zijn tot temperatuurschommelingen.

3.4.3 Temperatuurwisselingen bij stadsverwarming als warmtebron

Bij collectieve warmtapwaterbereiding gekoppeld aan stadsverwarming (sv) varieert soms de warmtapwatertemperatuur 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.

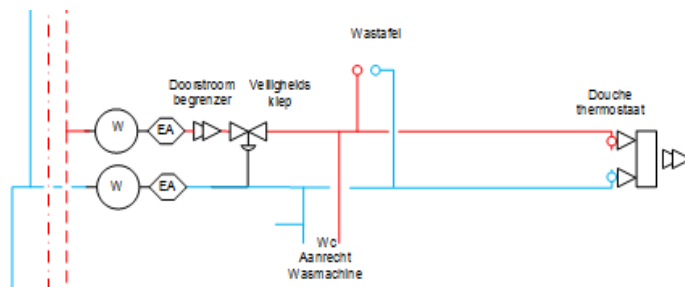
3.4.4 Pulserende volumestromen en temperatuurwisselingen bij collectieve warmtapwaterinstallaties

In woningen aangesloten op collectieve leidingwaterinstallaties (koud en warm) pulseert op bepaalde momenten van de dag de mengwaterstroom 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 afbeelding 3.10 is een principeschema opgenomen van een collectieve leidingwaterinstallatie in een bestaand appartementengebouw.



Afb 3.10 Principeschema (bestaande situatie) van een collectieve leidingwaterinstallatie in een appartementengebouw met een heetwaterbeveiliging in de aansluiting van de woning

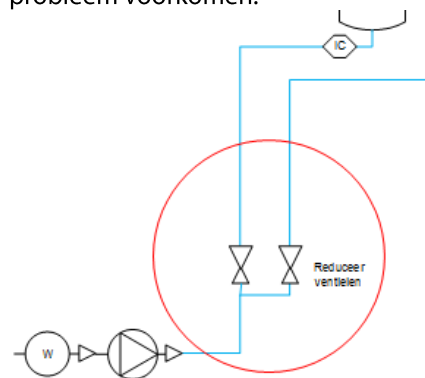
In elke woning is in de koud- en warmtapwateraansluiting een watermeter met keerklep aanwezig. In de warmtapwaterleiding is ook een doorstroombegrenzer en een hydraulisch werkende 'heetwater'-beveiligingsklep aangebracht met een koppeling op de koudwaterleiding. Zolang er druk heerst in de koudwaterleiding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



Afb 3.11 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.



Afb 3.12. Drukverminderingstoestellen aan het begin van de collectieve leidingnetten

3.4.5 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.

Literatuur

- [1] ISSO-Publicatie 55 Leidingwaterinstallaties in woon- en utiliteitsgebouwen, ISSO, 2013.
- [2] ST-35 Beperken van drukschommelingen aan inlaten van douchemengkranen, TVVL/Uneto-VNI, 2016