

HOUD HET KOUD

Koudtapwater(circulatie)systemen met actieve koeling



Technisch Rapport - ST 51



INHOUDSOPGAVE

VERANTWOORDING	4
SAMENVATTING	5
HOOFDSTUK 1 - INLEIDING	7
1.1 Doelstelling.....	7
1.2 Achtergrond.....	7
HOOFDSTUK 2 - EISEN AAN DRINKWATER UIT HYGIENISCH OOGPUNT	8
2.1 Inleiding.....	8
2.2 Algemene bepalingen	8
2.3 Watertemperatuur.....	9
2.4 Doorstroming.....	11
HOOFDSTUK 3 - ONGEWENSTE OPWARMING VAN DRINKWATER.....	13
3.1 Inleiding.....	13
3.2 Temperatuur aangeleverd drinkwater	13
3.3 Temperatuur in gebouwen	15
3.4 Opwarming van leidingen	16
HOOFDSTUK 4 - BESTAANDE MAATREGELEN OM DE DRINKWATERTEMPERATUUR TE BEHEERSEN	18
4.1 Inleiding.....	18
4.2 Zoning	18
4.2.1 Inleiding.....	18
4.2.2 Meterkasten	18
4.2.3 Inpandige ruimten met geringe ventilatie	18
4.2.4 Ontwerptemperatuur specifieke ruimten in gebouw 23 °C of hoger	19
4.2.5 Gebouw waarin vloerverwarming en/of betonkernactivering wordt toegepast	19
4.2.6 Ontwerptemperatuur gehele gebouw / grote delen van het gebouw 23 °C of hoger	19
4.3 Actieve maatregelen	20
4.3.1 Inleiding.....	20
4.3.4 Koelen van de schacht met een koelsysteem.	20
HOOFDSTUK 5 - KOUDTAPWATERSYSTEMEN MET ACTIEVE KOELING	21
5.1 Inleiding.....	21
5.2 Maximale temperatuur koudtapwatersysteem.....	21
5.3 Systeemvarianten	21
5.3.1 Inleiding.....	21
5.3.2 Koeling aan het leveringspunt zonder circulatie	22
5.3.3 Koudtapwatercirculatiesysteem met koeling in de retourleiding.....	22
5.3.4 Koudtapwatercirculatiesysteem met koeling in de aanvoerleiding.....	23
5.3.5 Gescheiden koeling aan het leveringspunt en in een koudtapwatercirculatiesysteem	24
5.3.6 Toepassingen van circulatiesystemen	24
5.4 Volumestromen en temperatuurregeling in een circulatiesysteem	25
5.4.1 Volumestromen	25
5.4.2 Temperatuurregeling.....	29
5.4.3 Inregelventielen, pompregeling	30
5.5 Koeling en verversing aan de tappunten	33
5.5.1 Systeemvarianten	33
5.5.2 Opwarmen en afkoelen van de leidingen	34
5.5.3 Overzicht koeling en verversing	35
5.6 Koelvermogen.....	36
5.7 Koelsystemen	37
5.7.1 Koelapparatuur	37



5.7.2	Buffervaten in het drinkwater	39
5.7.3	Enkel- of dubbelwandige scheiding	39
5.8	Voorraad en doorstroming / verversing	41
5.9	Vloeistofklasse	42
5.10	Overige aandachtspunten	44
5.10.1	Invloed van zogenaamde hotspots op de leidingwand- en watertemperatuur	44
5.10.2	Eventuele opwarming door circulatiepomp	44
5.10.3	Risico door rondpompen van Legionella (als dat toch optreedt)	44
5.10.4	Afgifte van stoffen door het leidingmateriaal	44
5.10.5	Mogelijke schade aan leidingen e.d. door rondpompen	47
5.11	Ontwerpmethode	47
5.12	Monitoring / storingsmelding / rapportage	47
HOOFDSTUK 6	- NORMEN EN RICHTLIJNEN	49
HOOFDSTUK 7	- CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	50
7.1	Conclusies.....	50
7.2	Aanbevelingen.....	51
HOOFDSTUK 8	- REFERENTIES	52
BIJLAGE 1	- OPWARMING VAN GEÏSOLEERDE DRINKWATERLEIDINGEN	55
BIJLAGE 2	- MINIMALE ISOLATIE KOUDWATERLEIDINGEN TER VOORKOMING VAN CONDENSATIE	58
BIJLAGE 3	- DIMENSIONERING EN ENERGIEGEBRUIK – EEN ORIËNTATIE	61
BIJLAGE 4	- VOORBEELD LEIDINGINHOUD EN VERVERSING	62
BIJLAGE 5	- VOORBEELD KOELVERMOGEN	63



VERANTWOORDING

Aan de totstandkoming van deze rapportage van de Expertgroep Sanitaire Technieken hebben meegewerkt:

Leden van het projectteam

Bernard Becking	Kemper
Onno Leever	Leever installatie adviseurs B.V., voorzitter projectteam
Jeroen Meijer	Rada Sanitairtechniek, TVVL expertgroeplid Sanitaire Technieken
Erwin Nijlant	Xigna, TVVL expertgroeplid Sanitaire Technieken
Nick Post	ISSO, TVVL expertgroeplid Sanitaire Technieken
Antonie van Renswoude	Georg Fischer
Henk-Jan Rijnveld	Hoogendoorn, TVVL expertgroeplid Sanitaire Technieken
Walter van der Schee	TVVL expertgroeplid Sanitaire Technieken
Han Schepers	Oventrop
Carl Verlinden	Viega
John Vink	Georg Fischer

Corresponderende leden

Eric van der Blom	Techniek Nederland, TVVL expertgroeplid Sanitaire Technieken
Will Scheffer	Expert Sanitaire Technieken

Het project is financieel mede mogelijk gemaakt door



Auteur

Ir. J (Hans) van Wolferen - Van Wolferen Research

Coördinatie TVVL

Esmeralda Pondman



SAMENVATTING

De drinkwatertemperatuur mag volgens NEN 1006 maximaal 25 °C bedragen. Een temperatuur (ruim) onder 25 °C is vereist voor een goede microbiologische waterkwaliteit; onder andere ten aanzien van Legionella. Door verschillende oorzaken kan en wordt hier niet altijd aan voldaan.

Het doel van deze studie is het verkrijgen van inzicht in de aard en toepassing van koudtapwater(circulatie) systemen met actieve koeling, waarbij een vergelijking wordt gemaakt met andere methodes voor beheersing van de drinkwatertemperatuur.

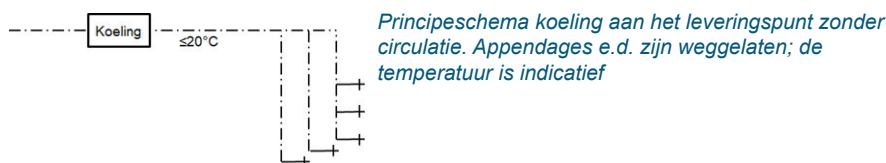
Daarnaast wordt een overzicht opgesteld van aandachtspunten voor ontwerp en het in bedrijf zijn van een koudtapwatercirculatiesysteem. Ook de ontwikkeling van internationale richtlijnen wordt hierin meegenomen.

In NEN 1006 [1] en de waterwerkbladen zijn momenteel geen regels opgenomen voor de toepassing van koudtapwater(circulatie)systemen met actieve koeling en de norm bevat geen expliciete afwijzing van koudtapwater(circulatie)systemen met actieve koeling.

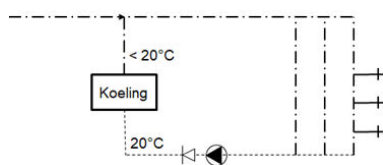
Deze studie beoogt de informatie te bieden om zo nodig de norm en/of waterwerkbladen op dit punt aan te passen en/of een ISSO-publicatie op te stellen.

De conclusies zijn:

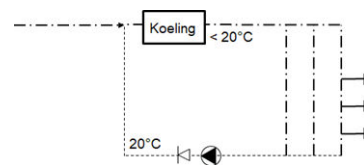
- Ongewenste opwarming van drinkwater kan optreden in het distributienet voor het leveringspunt en/of in (delen) van een gebouw.
- Bestaande bouwkundige en installatietechnische maatregelen tegen drinkwatertemperaturen boven 25 °C zijn niet altijd afdoende of kenmerken zich door een hoog waterverbruik ten gevolge van spuien.
- Koudtapwatersystemen met actieve koeling bieden hiervoor een goed alternatief.
- De belangrijkste systeemvarianten zijn:
 - o Temperatuurverlaging door koeling aan het leveringspunt zonder circulatie. Dit kan van toepassing zijn als het drinkwater aan het leveringspunt een deel van het jaar een te hoge temperatuur heeft, terwijl in het gebouw niet of nauwelijks opwarming tot boven 25 °C zal optreden. Dit systeem kan worden gecombineerd met een spuisysteem.



- o Temperatuurverlaging door koeling met circulatie met één of meer deelringen (koudtapwatercirculatiesysteem). Dit kan van toepassing zijn bij opwarming in de drinkwaterinstallaties in (delen van) het gebouw en kan worden toegepast op de gehele installatie of op een of meer delen ervan. Een koudtapwatercirculatiesysteem (KWC) kan zijn uitgevoerd met koeling in de retour- of de aanvoerleiding.



Koudtapwatercirculatiesysteem met koeling in de retourleiding. Appendages e.d. zijn weggelaten; temperaturen zijn indicatief.



Koudtapwatercirculatiesysteem met koeling in de aanvoerleiding. Appendages e.d. zijn weggelaten; temperaturen zijn indicatief.

Beide vormen van opwarming kunnen gelijktijdig optreden. Dan is zowel koeling aan het leveringspunt als koeling met circulatie vereist. Dit kan gescheiden en gecombineerd worden uitgevoerd.



- Volumestromen en temperatuurregeling in een circulatiesysteem. In een KWC zijn verschillende combinaties van pompregeling en inregelventielen mogelijk. Bij de meeste systemen kan bij grote afname stagnatie en in deelringen terugstroming optreden. Als stagnatie en terugstroming niet gewenst is dienen een circulatiepomp met variabel toerental met constante volumestroom en statische inregelafsluiters te worden toegepast.
- Koeling en verversing aan de tappunten kan op verschillende manieren worden gerealiseerd, namelijk
 - o aftakkele leiding met elektronische tapkraan,
 - o volledig doorstroomde aansluiting
 - o via een stromingsdeler volgens het venturi-principe doorstroomd aangesloten tappunt.
 - o via een statische stromingsdeler doorstroomd aangesloten tappunt.
- Koelsystemen: hiervoor zijn uiteenlopende mogelijkheden, waarbij de koeling geleverd wordt door een koelmachine of WKO. Wanneer koeling over een groot momentaan vermogensbereik moet worden geregeld zijn buffers vereist, tenzij een WKO als koudebron wordt gebruikt.
- Voor de keuze tussen een enkele of dubbele scheiding tussen het drinkwater en de koudebron gelden primair de regels van WB 3.8.
- Bij koudwatersystemen zonder circulatie is de doorstroming en verversing gelijk aan die van een gewone drinkwaterinstallatie. Voor circulatiesystemen zonder voorraadvat wordt aan de eis van verversing voldaan. Een voorwaarde hierbij is een continue circulatie over alle deelringen.
- Gekoeld drinkwater is volgens de huidige regels in vloeistofklasse 2 ingedeeld.
- Voor het ontwerp van een koudwatersysteem zonder circulatie volstaat de bestaande ontwerpmethodode.
- Voor het ontwerp van een KWC kan voor de dimensionering van de aanvoerleidingen de bestaande ontwerpmethodode voor drinkwaterinstallaties worden toegepast. Voor het ontwerp van de retourleidingen kan globaal dezelfde aanpak worden gevolgd als voor een warmtapwatercirculatiesysteem. Dat geldt eveneens voor het bepalen voor de inregeling van deelringen.
- Voor monitoring, storingsmelding en rapportage bij koeling aan het leveringspunt kan worden volstaan met: temperatuurmeting, -registratie en bewaking, regeling van de koeling, regeling driewegklep (indien een by-pass aanwezig is). Voor de bediening, regeling, monitoring, storingsmelding en rapportage van een koudtapwatercirculatiesysteem kan globaal dezelfde aanpak worden gevolgd als voor een warmtapwatercirculatiesysteem.

De aanbevelingen zijn:

- Resultaten presenteren en bespreken aan TVVL-leden en andere geïnteresseerden.
- Afstemmen met NEN 1006, met name voor de volgende onderdelen:
 - o Waterkwaliteit – vloeistofklasse 1 of 2
 - o Enkel- of dubbelwandige scheiding in warmtewisselaars
- Opstellen ISSO-publicatie. Dit kan in de vorm van een afzonderlijke handleiding en/of “kleintje” voor koudtapwater(circulatie) systemen. Maar dit kan gecombineerd worden met andere methoden om drinkwater koud te houden, zoals beschreven in de checklist hotspots en de methoden die in ISSO/SBR-publicatie 811 “Integraal ontwerpen van legionellaveilige woningen” zijn behandeld. Opname in ISSO 55 is een andere mogelijkheid.



HOOFDSTUK 1 - INLEIDING

1.1 Doelstelling

De drinkwatertemperatuur mag volgens NEN 1006 maximaal 25 °C bedragen. Een temperatuur (ruim) onder 25 °C is vereist voor een goede microbiologische waterkwaliteit; o.a. ten aanzien van Legionella. Door verschillende oorzaken kan en wordt hier niet altijd aan voldaan.

Het doel van deze studie is het verkrijgen van inzicht in de aard en toepassing van koudtapwater(circulatie) systemen met actieve koeling, waarbij een vergelijking wordt gemaakt met andere methodes voor beheersing van de drinkwatertemperatuur.

Daarnaast wordt een overzicht opgesteld van aandachtspunten voor ontwerp en het in bedrijf zijn van een koudtapwatercirculatiesysteem. Ook de ontwikkeling van internationale richtlijnen wordt hierin meegenomen.

In NEN 1006 [1] en de waterwerkbladen [2] zijn momenteel geen regels opgenomen voor de toepassing van een koudtapwater(circulatie)systemen met actieve koeling en de norm bevat geen expliciete afwijzing van koudtapwater(circulatie)systemen met actieve koeling.

Deze studie beoogt de informatie te bieden om zo nodig de norm en/of waterwerkbladen op dit punt aan te passen en/of een ISSO-publicatie op te stellen.

Deze studie is tot stand gekomen dankzij TVVL met een financiële bijdrage van Georg Fischer, Kemper, Oventrop, Techniek Nederland en Viega. TVVL bedankt de leden van het projectteam, die actief hebben bijgedragen aan de realisatie van deze studie.

1.2 Achtergrond

Koudtapwatercirculatiesystemen worden in o.a. Duitsland en Nederland toegepast [3]. Qua ontwerp zijn ze vergelijkbaar met warmtapwatercirculatiesystemen, maar met een actieve koeling in plaats van verwarming.

Daarnaast kan gekozen worden voor koeling van het binnenkomend drinkwater, zonder circulatie en actieve koeling van het drinkwater in het gebouw, indien de temperatuur op het leveringspunt te hoog is.

Koudtapwatersystemen worden gepresenteerd als oplossing voor situaties in complexe, omvangrijke installaties waarbij opwarming van drinkwater in het gebouw onvoldoende kan worden vermeden, zoals ziekenhuizen, verzorgingshuizen, zwembaden en hotels. Klimaatverandering en de daardoor oplopende temperaturen van het aangevoerde drinkwater vergroten dit probleem [4].

Tot nu toe worden daarvoor passieve maatregelen toegepast zoals zonering. In TVVL voorstudie ST 33 "Temperatuurbeheersing in leidingschachten en meterkasten" [5] zijn actieve maatregelen verkend, zoals koelen van de leidingschacht, het regelmatig spuien aan (alle) tappunten voor de beheersing van de drinkwatertemperatuur en koudtapwatercirculatie-systemen.

In Duitsland is door het BTGA (Bundesindustrieverband Technische Gebäudeausrüstung) een praktische leidraad opgesteld "Wie halte ich Kaltwasser kalt?" [6]. Hierin wordt o.a. de toepassing van koudtapwatercirculatiesystemen met actieve koeling door middel van een koeler in de retourleiding toegelicht.



HOOFDSTUK 2 - EISEN AAN DRINKWATER UIT HYGIENISCH OOGPUNT

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt weergegeven wat de relevante eisen zijn uit NEN 1006 [1] en de Waterwerkbladen [2].

2.2 Algemene bepalingen

Art 1.1 Onderwerp en toepassingsgebied

Van belang is dat in een installatie geen situatie ontstaat waarin bacteriologische nagroei (o.a. Legionellabacteriën) kan plaatsvinden. De eisen in de norm richten zich op een installatie waarbij thermisch beheer wordt toegepast ter voorkoming van bacteriologische nagroei en voor afdoding van eventueel aanwezige bacteriën.

Art. 1.4.2 Grondslagen

De belangrijkste doelstelling is dat de leidingwaterinstallatie functioneel en duurzaam is en dat het water in de installatie aan de gestelde eisen voldoet. De kwaliteit van het water zal onder invloed van de tijd, contact met materialen en gebruiksomstandigheden altijd iets afnemen. Gerealiseerd moet worden dat binnen de levensduur van de installatie het kwaliteitsverlies van het leidingwater in de installatie en aan de tappunten zo beperkt mogelijk blijft en altijd aan de wettelijke eisen blijft voldoen.

Een leidingwaterinstallatie moet zo zijn uitgevoerd dat:

- a. de voor het doel beoogde volumestroom, gebruiksdruk en temperatuur aan de desbetreffende tappunten en aansluitpunten voor toestellen beschikbaar is;*
- b. het water bij de tappunten - met het oog op de volksgezondheid - betrouwbaar is voor het gebruiksdoel. Het water aan de tappunten aan de normen voor fysische, chemische en microbiologische kwaliteit voldoet;*
- c. deze veilig is voor leven en/of eigendommen van de gebruiker en derden;
OPMERKING 1 Gebruiker is een ieder die gebruik maakt van een leidingwaterinstallatie.*
- d. de levering van leidingwater bij de niet-eigen installatie niet nadelig wordt beïnvloed;*
- e. geluidhinder en te hoge stroomsnelheden wordt vermeden;
OPMERKING 2 Ten aanzien van de beperking van geluidhinder van leidingwaterinstallaties gelden wettelijke eisen*
- f. deze geen aanleiding geeft tot verspilling van leidingwater en/of energie;*
- g. een langdurig en ongestoord gebruik moet kunnen worden verwacht;*
- h. de kwaliteit van de verschillende soorten leidingwater niet door verbindingen onderling of anderszins nadelig wordt beïnvloed;*
- i. deze gemakkelijk kunnen worden bediend, beheerd en onderhouden.*

1.4.3 Beheer en onderhoud van de leidingwaterinstallatie

De leidingwaterinstallatie moet zo worden gebruikt, beheerd en onderhouden dat de kwaliteit van de uitvoering van de leidingwaterinstallatie zoals bedoeld in de hierboven genoemde grondslagen, waaronder veiligheid en functioneren, is gewaarborgd.

Installaties moeten worden gebruikt in overeenstemming met de ontwerpcondities, waarbij het uitgangspunt is dat de leidinginhoud ten minste wekelijks wordt ververs.



2.3 Watertemperatuur

Art. 2.1.2 Temperatuur

De temperatuur van het water in leidingdelen van drinkwater- en huishoudwaterinstallaties mag ten hoogste 25 °C bedragen. Voor de bepalingsmethode zie 5.2.1.a).

OPMERKING Er zijn omstandigheden waarin een overschrijding van de grens van 25 °C niet te voorkomen is, zoals bij een hittegolf. Een kortdurende overschrijding van de grens is niet direct een gevaar voor de gezondheid.

Warmwater in leidingen die geen onderdeel zijn van een circulatiesysteem, moet als geen water wordt getapt, binnen 45 min, afkoelen tot een temperatuur gelijk aan of lager dan 25 °C. Voor de bepalingsmethode zie 5.2.1.b).

....

In het rapport van KWR/Berenschot [7] wordt de grens van 25 °C besproken. Zoals bekend kan ook onder 25 °C groei van micro-organismen, waaronder Legionella optreden.

Uit het rapport (par 7.6 en 7.7) blijken praktische belemmeringen een belangrijke reden te zijn om de grens op 25 °C in plaats van 20 °C te stellen. Onder 25 °C zouden vooral *L. nonpneumophila* soorten gedijen. Nu kunnen ook deze soorten Legionellose veroorzaken; vooral onder kwetsbare personen met een ernstig verzwakt immuunsysteem (zie ook gehele par 7.7).

Om de groei van deze kweekbare *L. nonpneumophila*soorten te beletten, zou immers de koudwatertemperatuur in een leidingwaterinstallatie niet boven de 20 °C uit mogen komen. Dat is echter niet realistisch in de praktijk omdat (i) in de zomerperiode bij drinkwaterbedrijven die oppervlaktewater gebruiken als bron de temperatuur van de grondstof al vaak boven de 20 °C uitkomt, (ii) tijdens distributie van drinkwater onder andere door hotspots in stedelijk gebied opwarming plaatsheeft en (iii) drinkwater opwarmt tijdens de distributie in gebouwen. Uit deze gegevens volgt tevens dat *L. nonpneumophila* vaker zal worden aangetroffen dan *L. pneumophila* indien de koudwatertemperatuur lager dan 25 °C is.

Daarmee is het aantreffen van *L. nonpneumophila* dus geen betrouwbare indicatie of het beheer van de installatie op orde is tegen *L. pneumophila*, immers *L. nonpneumophila* kan worden aangetroffen terwijl de drinkwatertemperatuur tussen de 20 en 25 °C is.

Citaat uit KWR/B par 7.6

leidingwaterinstallatie te verhinderen. Wanneer de Regeling legionellapreventie in drinkwater en warm tapwater zich blijft richten op alle kweekbare Legionella spp is het dus eigenlijk nodig om aanvullende beheersmaatregelen in te stellen wanneer het drinkwater een temperatuur heeft tussen de 20 en 25 °C, maar momenteel zijn effectieve beheersmaatregelen om dat voor elkaar te krijgen niet voorhanden.

Citaat uit KWR/B par 7.7



Een ploeg van 2,5 fte is nu voortdurend bezig met het uitvoeren van beheersmaatregelen. Bij een andere organisatie worden jaarlijks meer dan 1.000 monsters genomen. Uitgaande van 2.000 tot 3.000 monsters in de afgelopen jaren hebben ze misschien twee keer een normoverschrijding gehad met *L. pneumophila*.

7.7 Advies aanpassing regelgeving op basis van wetenschappelijke inzichten

De conclusie van de wetenschappelijke inventarisatie, namelijk dat de wetgeving voor de meeste prioritaire instellingen zich moet richten op kweekbare *L. pneumophila* in combinatie met het toepassen van een specifieke kweekmethode voor *L. pneumophila*, is niet in lijn met de huidige regelgeving. De huidige regelgeving richt zich op kweekbare *Legionella* spp en voor monitoring volgens het beheersplan is opgenomen dat monitoring wordt uitgevoerd op kweekbare *Legionella* spp volgens ISO-methode 11731. Wanneer de wetgeving zich zou richten op *L. pneumophila*, is het nodig om *L. pneumophila* specifiek in drinkwatermonster te kunnen detecteren.

Daarom is ook beperkt onderzocht of specifieke detectiemethoden voor *L. pneumophila* beschreven zijn in de wetenschappelijke literatuur. Met name de Legiolert-methode lijkt geschikt en in sommige landen is deze methode ook al beschreven als een gestandaardiseerde methode, maar een aanvullende literatuurstudie en mogelijk praktijkstudie naar mogelijke specifieke detectiemethoden voor *L. pneumophila* is nodig, voordat een aanbeveling kan worden gedaan voor een dergelijke methode.

Uit de huidige wetenschappelijke kennis blijkt ook dat enkele kweekbare *L. nonpneumophilasoorten*, met name de in drinkwater dominante soort *L. anisa*, zich onder laboratoriumcondities weet te vermeerderen bij drinkwatertemperaturen tussen 20 en 25°C. In veldstudies wordt *L. anisa* ook regelmatig aangetroffen in drinkwater bemonsterd uit het koudwaterdeel van de installatie, maar ook *L. pneumophila* kan sporadisch worden aangetroffen in het koudwater. Het blijft echter onduidelijk in hoeverre deze legionellabacteriën zich hebben vermeerderd bij drinkwatertemperaturen onder de 25°C, omdat niet duidelijk is wat de drinkwatertemperatuur is in dat deel van de koudwaterinstallatie waar vermeerdering plaatsvindt. Het is in ieder geval duidelijk dat de in de huidige regelgeving opgenomen beheersmaatregel dat de koudwatertemperatuur onder de 25°C moet zijn onvoldoende is om vermeerdering

van met name *L. anisa* in het koudwaterdeel van de leidingwaterinstallatie te verhinderen. Wanneer de Regeling legionellapreventie in drinkwater en warm tapwater zich blijft richten op alle kweekbare *Legionella* spp is het dus eigenlijk nodig om aanvullende beheersmaatregelen in te stellen wanneer het drinkwater een temperatuur heeft tussen de 20 en 25°C, maar momenteel zijn effectieve beheersmaatregelen om dat voor elkaar te krijgen niet voorhanden.

Het advies op basis van de wetenschappelijke inzichten is om het beheersplan voor de meeste prioritaire instellingen te richten op kweekbare *L. pneumophila* in plaats van kweekbare *Legionella* spp. Doordat de monitoring een onderdeel is van het beheersplan, is dus ook het advies om bij deze prioritaire instellingen de monitoring te richten op *L. pneumophila*, daarvoor is het nodig om een specifieke en gevalideerde en gestandaardiseerde detectiemethode voor *L. pneumophila* te gebruiken. Voor prioritaire instellingen waar een hoge dichtheid is van mensen met een ernstig verzwakt immuunsysteem (zoals bijvoorbeeld ziekenhuizen) is het advies om het beheersplan, inclusief monitoring, te blijven richten op kweekbare *Legionella* spp, overeenkomstig de huidige Nederlandse wetgeving (inclusief de omzetting van de nieuwe Drinkwaterrijslijn).

Een aanpassing in lijn met het bovenstaande zal invloed hebben op laboratoria, gebouwbeheerders, installatiebeheerders, legionellapreventie-adviseurs (BRL 6010) en handhavers (ILT).



In een recent rapport van Van der Wielen e.a. [8] met betrekking tot pathogenen (ziekmakende micro-organismen) wordt onder andere vastgesteld dat ook voor andere pathogenen dan Legionella een watertemperatuur boven 20 of 15 °C groeibevorderend is.

Abstract: High drinking water temperatures occur due to climate change and could enhance the growth of opportunistic pathogens in drinking water systems. We investigated the influence of drinking water temperatures on the growth of Pseudomonas aeruginosa, Stenotrophomonas maltophilia, Mycobacterium kansasii and Aspergillus fumigatus in drinking water biofilms with an autochthonous microflora. Our results reveal that the growth of P. aeruginosa and S. maltophilia in the biofilm already occurred at 15.0 °C, whereas M. kansasii and A. fumigatus were able to grow when temperatures were above 20.0 °C and 25.0 °C, respectively. Moreover, the maximum growth yield of P. aeruginosa, M. kansasii and A. fumigatus increased with increasing temperatures up to 30 °C, whereas an effect of temperature on the yield of S. maltophilia could not be established. In contrast, the maximum ATP concentration of the biofilm decreased with increasing temperatures. We conclude from these results that high drinking water temperatures caused by, e.g., climate change can result in high numbers of P. aeruginosa, M. kansasii and A. fumigatus in drinking water systems, which poses a possible risk to public health. Consequently, it is recommended for countries with a more moderate climate to use or maintain a drinking water maximum standard temperature of 25 °C.

Afsluitend is de conclusie ten aanzien van de maximaal toelaatbare drinkwatertemperatuur:

- Praktische belemmeringen blijken een belangrijke reden te zijn om de grens op 25 °C te stellen, zoals in NEN 1006. Waarbij incidenteel (in de zomer) overschrijdingen zijn toegestaan.
- Als de maximale temperatuur uitsluitend uit hygiënisch oogpunt wordt vastgesteld, zonder praktische overwegingen, zou een maximale temperatuur van 20 °C of wellicht 15 °C de voorkeur hebben.

2.4 Doorstroming

3.1.4 Een leidingwaterinstallatie moet zo zijn uitgevoerd, dat bij gebruik overeenkomstig de ontwerpcondities:

- een zodanige doorstroming van alle leidingen wordt bereikt, dat een voldoende verversing is gewaarborgd;
- langdurige stilstand wordt voorkomen;
- de leidingen éénmaal per week ververst c.q. gebruikt worden in verband met de organoleptische aspecten (geur, kleur en smaak);
- aan het begin van een leidingdeel minimaal een terugstroombeveiliging EA is aangebracht indien de inhoud van dat leidingdeel niet wekelijks wordt ververst, en op dit leidingdeel geen tappunten zijn aangesloten voor hygiënische en consumptieve doeleinden;
- een dode leiding / dood eind niet voorkomt.

Citaat uit NEN 1006



4. Doorstroming van leidingen

4.1 Aan het einde van elke leiding moet een tapinrichting zijn aangebracht. Dode einden zijn niet toegestaan (leidingen waarop aan het eind geen tappunt is aangebracht).

Op het eind van een lange leiding, bijvoorbeeld voor het vullen van de cv-installatie, moet geen drinkwaterpunt worden geïnstalleerd waaruit slechts kleine hoeveelheden water wordt getapt die ontoereikend zijn voor een wekelijkse volledige verversing van de leidinginhoud.

Wanneer de inhoud van een leiding (bij normaal gebruik) niet wekelijks volledig wordt verversed, en op deze leiding geen tappunten zijn aangesloten voor hygiënische en consumptieve doeleinden, dan moet zo kort mogelijk op de doorstromende leiding op een afstand van maximaal circa 150 mm een terugstroombeveiliging type EA (controleerbare keerklep) worden aangebracht. Wanneer dit niet mogelijk is moeten maatregelen worden getroffen zodat de gehele inhoud van de leiding tenminste wekelijks wordt verversed.

Voor het aansluiten van brandslanghaspels, zie WB 4.5 A.

Ringleidingsystemen zijn systemen waarbij tappunten van twee kanten gevoed kunnen worden, waarbij geen sprake is van geforceerde doorstroming (bijvoorbeeld pomp). De goede kwaliteit van het water kan moeilijk worden gegarandeerd i.v.m. pendelwerking van het water. Daarom moeten deze systemen zoveel mogelijk worden voorkomen. Indien toch ringleidingsystemen worden toegepast, moeten maatregelen worden getroffen opdat de gehele inhoud van deze systemen tenminste wekelijks wordt verversed. Om dit te bereiken moeten de aftakkingen zodanig zijn uitgevoerd dat de doorstroming en verversing van het water in het ringleidingsysteem is gewaarborgd.

Citaat uit WB 3.1



HOOFDSTUK 3 - ONGEWENSTE OPWARMING VAN DRINKWATER

3.1 Inleiding

Ongewenste opwarming van drinkwater kan op twee plaatsen optreden:

- In het distributiesysteem van het drinkwaterbedrijf.
- In de drinkwaterinstallaties in (delen van) het gebouw.

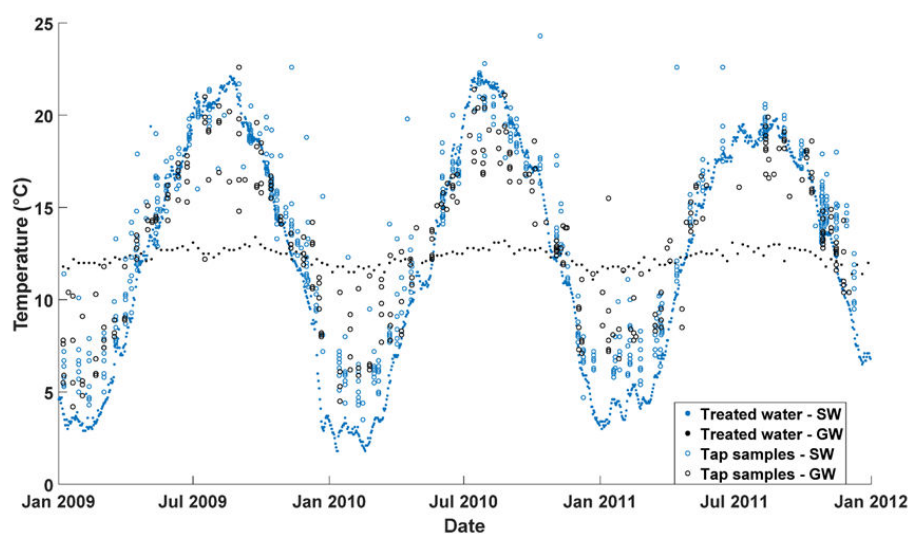
Dit levert voor een gebouwinstallatie drie mogelijke situaties met opwarming op:

- Alleen opwarming in het distributiesysteem van het drinkwaterbedrijf.
- Alleen opwarming in de drinkwaterinstallatie in (delen van) het gebouw.
- Zowel opwarming in het distributiesysteem van het drinkwaterbedrijf als in de drinkwaterinstallatie in (delen van) het gebouw.

3.2 Temperatuur aangeleverd drinkwater

Een KWR studie uit 2010 [9] laat zien dat in de zomer de temperatuur van het drinkwater in het distributiesysteem van het drinkwaterbedrijf kan oplopen tot ca 25 °C. Het water is dan al opgewarmd voordat het aan de drinkwaterinstallatie van het gebouw wordt geleverd.

In deze studie is uitgegaan van de toen geldende klimaatgegevens. In de afgelopen jaren is de buitentemperatuur regelmatig opgelopen tot 35 – 40 °C, waarbij een verdere opwarming van het drinkwater mag worden verwacht. Onderstaande figuur [10] geeft meetgegevens over de periode 2009-2012 voor de temperatuur van drinkwater uit grondwater (aan het pompstation redelijk stabiel) en uit oppervlaktewater (grote seizoensfluctuatie).

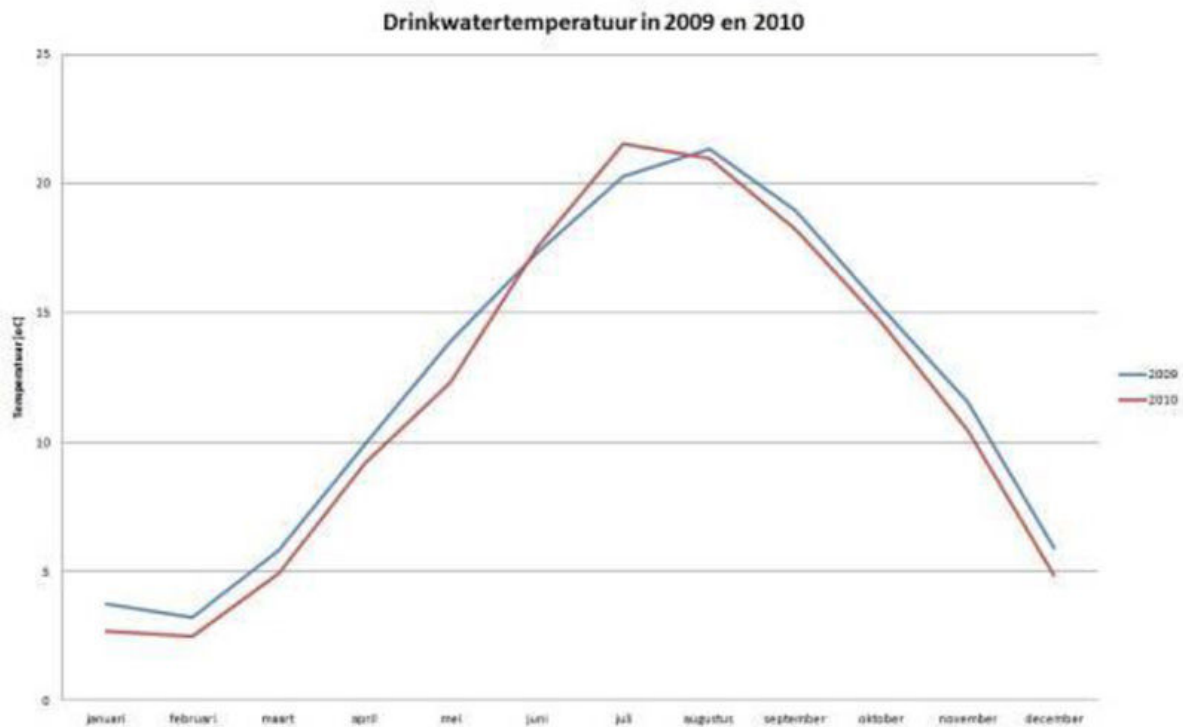


Figuur 1. Measured water temperature at two pumping stations in The Netherlands—one from surface water (SW) and the other from ground water (GW)—and the respective temperatures at the tap measured at random locations in the separate drinking water distribution system (DWDS) [10]



In een artikel in het TVVL Magazine is de drinkwatertemperatuur in Rotterdam in 2009/2010 gegeven [11]. Hieruit blijkt dat in de zomer de temperatuur tot 20 à 22 °C is opgelopen.

“In Rotterdam wordt het drinkwater geleverd door waterbedrijf Evides. De grootste bron voor drinkwater is Maaswater, ofwel oppervlaktewater. Slechts 2% van al het water dat de Maas naar zee brengt, wordt gebruikt voor de drinkwatervoorziening. Er is daarom nooit een tekort aan water in Rotterdam. Wel heeft het gebruik van oppervlaktewater een beperking, welke zich kenmerkt in een afhankelijkheid ten opzichte van de heersende buitentemperaturen en waterstanden. In ongunstige omstandigheden kan de watertemperatuur oplopen tot 20 a 22 °C. Het temperatuurverloop blijkt uit een trendmeting uit 2009 en 2010 welke is uitgevoerd bij een nabijgelegen project (zie grafiek 1).”





3.3 Temperatuur in gebouwen

In veel gebouwen zijn incidentele knelpunten (hot spots) mogelijk, bijvoorbeeld door kruisende cv-leidingen. Maar in sommige typen gebouwen treden structurele knelpunten op in de vorm van hoge ontwerp-binnentemperaturen en/of vloerverwarming of betonkernactivering, waardoor het vinden van een koele route voor de drinkwaterleidingen vrijwel onmogelijk is. Hieronder zijn de meest gangbare structurele knelpunten aangegeven en toegelicht (aanvulling/bewerking van de tekst uit ISSO 55, tabel 4.8 [12]).

Tabel 1. Structurele knelpunten in gebouwen

Structureel knelpunt	Type gebouw	Gevolg
Ontwerptemperatuur gehele gebouw / grote delen van het gebouw 23 °C of hoger	Verzorgingstehuizen, ziekenhuizen, hotels, zwembaden en sauna's Grote verzamel-gebouwen (Schiphol, "De Rotterdam") Industriële gebouwen (niet als ontwerp-temperatuur maar als gevolg van interne last en/of zoninstraling)	Op veel plaatsen (in pandige ruimten, vloeren en/of wanden) kan de temperatuur oplopen tot boven 25 °C t.g.v. warmteafgifte door leidingen van het verwarmingssysteem. In dit type gebouw is het vrijwel onmogelijk om waterleidingen aan te leggen die onder 25 °C blijven.
Ontwerptemperatuur specifieke ruimten in gebouw 23 °C of hoger	Woningen (badkamer) Overige badkamers Technische ruimten Grootkeukens (utiliteit) (niet als ontwerp-temperatuur maar als gevolg van interne last en/of zoninstraling)	Op veel plaatsen (in pandige ruimten, vloeren en/of wanden) kan de temperatuur oplopen tot boven 25 °C t.g.v. warmteafgifte door leidingen van het verwarmingssysteem. In deze ruimten is het vrijwel onmogelijk om waterleidingen aan te leggen die onder 25 °C blijven.
In pandige ruimten met geringe ventilatie	Woningen (centrale hal in gestapelde bouw)	Onbedoeld kan deze situatie optreden in de centrale hal van gestapelde bouw; vooral als deze uitsluitend omringd is door appartementen en continu opwarmt door de warmteafgifte van warme circulatieleidingen, verlichting e.d. In deze ruimten is het vrijwel onmogelijk om waterleidingen aan te leggen die onder 25 °C blijven.
Gebouw waarin voornamelijk vloerverwarming en/of betonkernactivering wordt toegepast	Verzorgingstehuizen, woningen, kantoren	In deze gebouwen is het vrijwel onmogelijk om waterleidingen in de vloer aan te leggen die onder 25 °C blijven. Ook direct onder de vloer (boven een verlaagd plafond) kan het te warm zijn.
Schachten, kruipruimten, verlaagde plafonds.		Op deze plaatsen kan de temperatuur oplopen tot boven 25 °C t.g.v. warmteafgifte door leidingen van het verwarmingssysteem en/of een circulatiesysteem warmtapwater.
Onder platte daken, atrium / grote glaspartijen		In deze ruimten kan de temperatuur 's zomers hoog oplopen. In deze ruimten is het vrijwel onmogelijk om waterleidingen aan te leggen die onder 25 °C blijven.



3.4 Opwarming van leidingen

Hieronder is een voorbeeld gegeven van de snelheid waarmee ongeïsoleerde drinkwaterleidingen opwarmen. In dit voorbeeld is uitgegaan van:

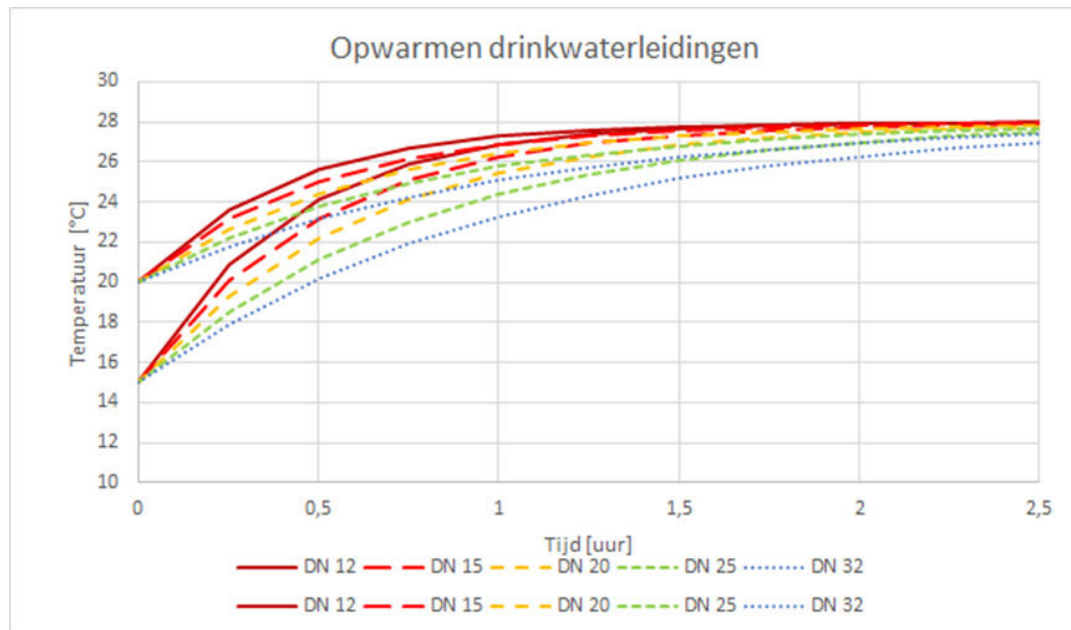
- Starttemperatuur drinkwater 15 en 20 °C.
- Omgevingstemperatuur 28 °C.
- Koperen leidingen.
- Geen isolatie.

Het effect van beugeling en appendages is buiten beschouwing gelaten.

Hieruit blijkt voor ongeïsoleerde drinkwaterleidingen (zie Figuur 1):

- Bij een starttemperatuur van 20 °C warmen alle leidingen binnen één uur op tot boven 25 °C. Bij de dunste leidingen gebeurt dit binnen een half uur.
- Bij een starttemperatuur van 15 °C warmen alle leidingen binnen anderhalf uur op tot boven 25 °C. Bij de dunste leidingen gebeurt dit binnen één uur.

Dit betekent dat bij ongeïsoleerde leidingen in een te warme ruimte opwarming tot boven 25 °C zal optreden indien er enige uren achtereen niet getapt wordt. Bij een afname van voldoende volume daalt de temperatuur in de leiding naar de temperatuur van het water aan het leveringspunt.



Figuur 2. Opwarming van drinkwaterleidingen zonder isolatie bij een omgevingstemperatuur van 28 °C.

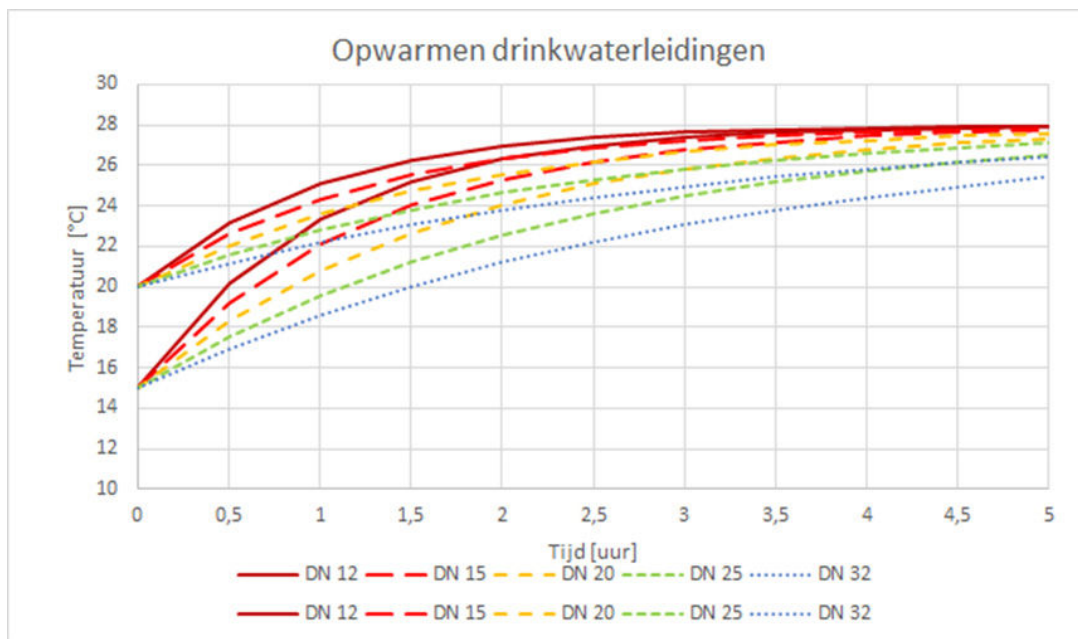
Hieronder is de opwarming bepaald bij toepassing van isolatie met een dikte van 13 mm en een warmtegeleidingscoëfficiënt van 0,038 W/m.K.

Achtergrond:

- Voor elastomeer (zoals Armaflex) zijn 9, 13 en 19 mm beschikbaar, waarbij 13 mm een gangbare toepassing is.
- Warmtegeleidingscoëfficiënt Armaflex 0,036 – 0,040 W/m.K.

Hieruit blijkt voor drinkwaterleidingen met 13 mm isolatie (zie Figuur 2):

- Bij een starttemperatuur van 20 °C warmen alle leidingen binnen drie uur op tot boven 25 °C. Bij de dunste leiding gebeurt dit binnen één uur.
- Bij een starttemperatuur van 15 °C warmen alle leidingen binnen 4½ uur op tot boven 25 °C. Bij de dunste leidingen gebeurt dit binnen 1½ uur.



Figuur 3. Opwarming van drinkwaterleidingen met 13 mm isolatie bij een omgevingstemperatuur van 28 °C.

In bijlage 1 zijn de opwarmingskrommen gegeven voor leidingen met isolatie van 9, 13 en 19 mm en een omgevingstemperatuur van 26, 28 en 30 °C. Hieronder zijn de resultaten samengevat.

Tabel 2. Looptijd opwarming leidingen met verschillende diameters (DN 12 – 32), isolatiedikten (9, 13, 19 mm), omgevingstemperaturen (Tomg) en starttemperatuur (Tw(0)). De kortste opwarmtijd betreft de dunste leiding (DN 12).

Isolatiedikte	Tw(0) = 20 °C			Tw(0) = 15 °C		
	9 mm	13 mm	19 mm	9 mm	13 mm	19 mm
Tomg = 26	1,5 – 4,5	2 – 5+	2,5 – 5+	2 – 5+	2,5 – 5+	3 – 5+
Tomg = 28	1 – 2,5	1 - 3	1,5 – 4	1,5 - 4	1,5 – 4,5	2 – 5+
Tomg = 30	0,5 - 2	0,75 – 2,5	1 - 3	1 - 3	1,25 – 3,5	1,5 – 4,5



HOOFDSTUK 4 - BESTAANDE MAATREGELEN OM DE DRINKWATERTEMPERATUUR TE BEHEERSEN

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt kort weergegeven wat de bestaande maatregelen zijn om de drinkwatertemperatuur lager of gelijk te houden aan 25 °C.

Eerst worden de mogelijkheden van zonering besproken; daarna de actieve maatregelen.

4.2 Zonering

4.2.1 Inleiding

Zonering is een passieve maatregel waarbij ongewenste opwarming van het drinkwater wordt vermeden door ruimten met een te hoge (ontwerp)temperatuur te vermijden en/of ruimte (schachten e.d.) zonder warmtebronnen (verwarming, circulerend warmtapwater, verlichting) te creëren. Dit is geen absolute maatregel omdat in de zomersituatie temperatuuroverschrijding kan optreden. Volgens NEN 1006, art. 2.1 is dit toegestaan.

“OPMERKING Er zijn omstandigheden waarin een overschrijding van de grens van 25 °C niet te voorkomen is, zoals bij een hittegolf. Een kortdurende overschrijding van de grens is niet direct een gevaar voor de gezondheid.”

Citaat uit NEN 1006.

4.2.2 Meterkasten

In gestapelde woningbouw waarin een warmtenet en/of een circulatiesysteem warmtapwater aanwezig is gelden de regels van NEN 2768 [13]. Een belangrijk onderdeel hierin is het concept van gescheiden warme en koude meterkasten.

Als de (ontwerp)temperatuur in de omringende ruimten lager dan 23 °C is dan kan hiermee een drinkwatertemperatuur onder 25 °C in de koude meterkast en de stijgleiding van het drinkwater worden bereikt.

4.2.3 Inpandige ruimten met geringe ventilatie

Hieronder de integrale tekst uit ISSO 55 [12].

“Onbedoeld kan deze situatie optreden in bijvoorbeeld de centrale hal van gestapelde bouw; vooral als deze uitsluitend omringd is door appartementen en continu opwarmt door de warmteafgifte van warme circulatieleidingen, verlichting e.d. In deze ruimten is het vrijwel onmogelijk om waterleidingen aan te leggen die onder 25 °C blijven.

Hiervoor zijn de volgende oplossingen mogelijk:

Verbeter de ventilatie (regeling op temperatuur) waardoor de temperatuur in de hal beheersbaar wordt.

Actieve koeling van de hal. Deze optie is vooral geschikt als het gebouw is aangesloten op een systeem voor passieve koeling, zoals een WKO systeem. Bijkomend voordeel is een betere thermische balans van het WKO bronsysteem.”



4.2.4 Ontwerptemperatuur specifieke ruimten in gebouw 23 °C of hoger
Hieronder de integrale tekst uit ISSO 55 [12].

“Deze situatie treedt vooral op in woningen waar de badkamer een hogere ontwerptemperatuur heeft dan de overige kamers. Hierdoor kan in (een deel van) de omhullende wanden en vloeren de temperatuur oplopen tot boven 25 °C t.g.v. warmteafgifte door leidingen van het verwarmingssysteem.

Hiervoor zijn de volgende oplossingen mogelijk:

- *Uit de warmteverliesberekening volgt dat hier verwarmingsvermogen wordt opgesteld. Meestal wordt dan een radiator of vloerverwarming toegepast, in lijn met de installatie in de rest van het gebouw. Als dit vervangen wordt door een stralingspaneel (tjdklok of handmatig inschakelen, op aanwezigheidsdetectie uitschakelen) wordt hetzelfde comfort gerealiseerd terwijl de ruimtetemperatuur niet nodeloos wordt verhoogd. Hierdoor blijft de lucht- en wandtemperatuur onder 25 °C en kunnen waterleidingen vrijelijk worden aangelegd.*
- *Als de ruimten rond de badkamer een lagere ontwerptemperatuur hebben kunnen de leidingen buitenom worden aangelegd.”*

Dit is verder uitgewerkt/onderbouwd in ISSO/SBR-publicatie 811 [14] en checklist hot-spots [15].

4.2.5 Gebouw waarin voornamelijk vloerverwarming en/of betonkernactivering wordt toegepast
Hieronder de integrale tekst uit ISSO 55 [12].

“In deze gebouwen is het vrijwel onmogelijk om waterleidingen in de vloer aan te leggen die onder 25 °C blijven. Ook direct onder de vloer (boven een verlaagd plafond) kan het te warm zijn. Deze situatie kan optreden in combinatie met een (bad)kamer op hoge temperatuur (specifieke ruimten in gebouw 23 °C of hoger)

Hiervoor zijn de volgende oplossingen mogelijk:

- *Zonering (woningen);*
- *Verticale stijgleidingen in koude schachten, direct aansluitend op de vereiste tappunten (utiliteit met weinig tappunten).”*

4.2.6 Ontwerptemperatuur gehele gebouw / grote delen van het gebouw 23 °C of hoger
Hieronder de integrale tekst uit ISSO 55 [12] voor de oplossing met zonering.

“Hiervoor zijn verschillende oplossingsrichtingen mogelijk:

- *Zoek of maak koude(re) delen in het gebouw waar de leidingen kunnen lopen. Dit vereist overleg met de opdrachtgever/architect. Hieronder is een aantal opties uitgewerkt.*
 - o *In trappenhuisen is de (ontwerp)temperatuur meestal lager dan 23 °C. Hier zou aangrenzend een koude schacht gerealiseerd kunnen worden.*
 - o *In verzorgingstehuizen vormt de (inpanidige, meestal weinig benutte) badkamer het grootste knelpunt. Uit de warmteverliesberekening volgt meestal dat hier verwarmingsvermogen wordt opgesteld. Meestal wordt dan een radiator of vloerverwarming toegepast, in lijn met de installatie in de rest van het gebouw.*
 - o *Als dit vervangen wordt door een stralingspaneel (handmatig inschakelen, op aanwezigheidsdetectie uitschakelen) wordt hetzelfde comfort gerealiseerd terwijl de ruimtetemperatuur niet nodeloos wordt verhoogd. Als de badkamers boven elkaar liggen ontstaat zo een “koude schacht” waarin stijgleidingen gemonteerd kunnen worden.*
- *In voorwandssystemen het warm water hoog monteren en het drinkwater laag monteren.”*



4.3 Actieve maatregelen

4.3.1 Inleiding

De volgende actieve maatregelen zijn genoemd en deels uitgewerkt in TVVL Voorstudie ST-33 [5]. Ook koeling van het drinkwater in combinatie met een circulatieleiding wordt daarin vermeld maar wordt in het volgende hoofdstuk apart besproken.

4.3.2 Spuisysteem

Het is belangrijk te voorzien of van deze beheersmaatregel gebruik wordt gemaakt. In dat geval dienen de drinkwaterleidingen dampdicht geïsoleerd te worden. Hiermee wordt snelle opwarming en overmatig watergebruik beperkt. Het voorkomt ook condensatie.

Om condensatie te voorkomen is 9 mm isolatiedikte voldoende (zie bijlage 2). Alleen in ruimten met een zeer hoge RV (zwembaden, sauna's) kan en dikkere isolatie vereist zijn.

Het effect van isolatie wordt geïllustreerd met de voorbeelden uit paragraaf 3.4. Voor dunne leidingen met 13 mm isolatie stijgt de opwarmtijd bij een opstarttemperatuur van 20 °C met een factor 2, voor dikke leidingen met een factor 3.

Als opwarming in alle uittapleidingen ongewenst is zijn er twee oplossingen:

- Spuivoorziening op alle tappunten.
- Tappunten doorstroomd aansluiten, eventueel met een stromingsdeler, met voldoende afname aan het laatste tappunt om de berekende volumestroom door de leidingen te kunnen garanderen.

Deze methode heeft de beperking dat bij een drinkwatertemperatuur aan het leveringspunt boven 25 °C geen effectieve koeling tot onder 25 °C mogelijk is. Bij een drinkwatertemperatuur aan het leveringspunt tussen 20 en 25 °C zal regelmatig en/of langdurig gespuid moeten worden.

Dit heeft het ongewenste gevolg dat vooral bij hoge buitentemperaturen in de zomer een hoger gebruik optreedt, terwijl de drinkwaterbedrijven de vraag dan al moeilijk aankunnen. In sommige situaties kan het zijn dat er continu (24/7) spoeling optreedt en de temperatuur niet of nauwelijks onder 25 °C komt.

De overheid streeft naar een lager drinkwatergebruik: voor huishoudens gaat het om een vermindering van 125 naar 100 lpppd in 2035 (zie citaat hieronder). Dit betekent dat spuien kritisch moet worden gezien. Alternatieve maatregelen die minder of geen spuien vereisen zullen in dat opzicht een voordeel hebben.

“4. We werken toe naar een drinkwatergebruik per hoofd van de bevolking van 100 liter in 2035 (thans 125 liter) en beperken laagwaardig gebruik van drinkwater. Grootverbruikers vragen we het drinkwatergebruik ook met 20% te reduceren. Zo beperken we het effect van toename van de watervraag in relatie tot de schaarsere beschikbaarheid van water.”

Citaat uit Brief aan de tweede kamer “Water en Bodem sturend” [16]

4.3.3 Ventilatie van de schacht / plafond / kruipruimte waar de drinkwaterleidingen lopen.

Dit heeft in de praktijk ernstige beperkingen. Vanwege de eis van brandwerendheid kunnen zelden open schachten worden aangelegd. Bij ventilatie via de schacht dient per verdieping een rozet met brandklep te worden toegepast.

Of hiermee bij hoge buitentemperaturen in de zomer het doel wordt bereikt dient per situatie te worden beoordeeld, bijvoorbeeld door berekeningen met een gebouwsimulatieberekeningsprogramma.

4.3.4 Koelen van de schacht met een koelsysteem.

Dit is een mogelijkheid als een gebouw is voorzien van een koelsysteem (bijvoorbeeld met een WKO). Als deze leidingen en de drinkwaterleiding in een schacht/verlaagd plafond liggen kan een koele zone worden verkregen. Of van deze mogelijkheid in de praktijk gebruik wordt gemaakt is onbekend.



HOOFDSTUK 5 - KOUDTAPWATERSYSTEMEN MET ACTIEVE KOELING

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de verschillende systeemvarianten voor koudtapwatersystemen met actieve koeling beschreven en de aandachtspunten voor de toepassing en het ontwerp uitgewerkt.

Als eerste wordt de insteltemperatuur besproken; de temperatuur van het drinkwater is namelijk de reden om de toepassing van een koudtapwatersysteem met actieve koeling te overwegen.

5.2 Maximale temperatuur koudtapwatersysteem

In paragraaf 2.2 is de conclusie ten aanzien van de maximaal toelaatbare drinkwatertemperatuur:

- Praktische belemmeringen blijken een belangrijke reden te zijn om de grens op 25 °C te stellen, zoals in NEN 1006. Waarbij incidenteel (in de zomer) overschrijdingen zijn toegestaan.
- Als de maximale temperatuur uitsluitend uit hygiënisch oogpunt wordt vastgesteld, zonder praktische overwegingen, zou een maximale temperatuur van 20 °C of wellicht 15 °C de voorkeur hebben.

Hieruit blijkt dat er voor de toepassing van een koudtapwatersysteem twee ambitieniveaus mogelijk zijn:

- Voldoen aan de eis van NEN 1006: geen overschrijding van de temperatuurgrens van 25 °C.
- Voldoen aan een scherpere eis dan NEN 1006: geen overschrijding van de temperatuurgrens van bijvoorbeeld 20 °C. Deze scherpere eis is in lijn met de aanbeveling uit de Duitse Leitfaden, par 6.1.2.1 [6].

5.3 Systeemvarianten

5.3.1 Inleiding

In principe zijn twee systeemvarianten met actieve koeling van het drinkwater mogelijk:

- Temperatuurregeling door koeling aan het leveringspunt zonder circulatie. Dit kan van toepassing zijn als het drinkwater aan het leveringspunt een deel van het jaar een te hoge temperatuur heeft, terwijl in het gebouw niet of nauwelijks opwarming tot boven 25 °C zal optreden. Dit systeem kan worden gecombineerd met een spuisysteem.
- Temperatuurregeling door koeling met circulatie met één of meer deelringen (koudtapwatercirculatiesysteem – KWC). Dit kan van toepassing zijn bij opwarming in de drinkwaterinstallaties in (delen van) het gebouw en kan worden toegepast op de gehele installatie of op een of meer delen ervan. Een koudtapwatercirculatiesysteem kan zijn uitgevoerd met koeling in de retour- of de aanvoerleiding.

Opwarming van drinkwater in distributieleiding en in het gebouw kan gelijktijdig optreden. Dan is zowel koeling aan het leveringspunt als koeling met circulatie vereist. Dit kan op twee manieren worden uitgevoerd:

- Eén systeem waarin beide functies zijn gecombineerd. In dit geval wordt een koudtapwatercirculatiesysteem uitgevoerd met koeling in de aanvoerleiding. Dit is van toepassing als in het gehele gebouw opwarming in de drinkwaterinstallaties kan optreden.
- Twee gescheiden systemen. Dit is van toepassing als in een deel van gebouw opwarming in de drinkwaterinstallaties kan optreden en alleen in dat deel een KWC gewenst is.

In alle varianten dient te worden gezien of al het drinkwater wordt gekoeld of dat een uitzondering wordt gemaakt voor de toevoer van drinkwater naar de warmtapwaterbereiding en eventueel aanwezige speciale toepassingen met een aftakking kort na het leveringspunt, zoals sprinklerinstallaties of een gescheiden systeem voor brandslanghaspels.

Circulatiesystemen kunnen alleen worden toegepast binnen één drukzone. Als in het gehele gebouw circulatiesystemen gewenst zijn dient per drukzone een afzonderlijk circulatiesysteem te worden toegepast.



Bij alle circulatiesystemen is dampdichte isolatie met een minimale dikte van 9 mm van de drinkwaterleidingen in het gebouw vereist. Hiermee wordt condensatie op de leidingen voorkomen en opwarming beperkt. Zie bijlage 2 voor de onderbouwing.

Ook voor een systeem met koeling aan het leveringspunt is leidingisolatie aan te bevelen om condensatie op de leidingen te voorkomen; zeker als koeling aan het leveringspunt wordt gecombineerd met (incidentele) spuismaatregelen.

In paragraaf 5.6 wordt in meer detail ingegaan op de invloed van isolatie op het koudeverlies.

Hieronder worden de systeemvarianten verder uitgewerkt.

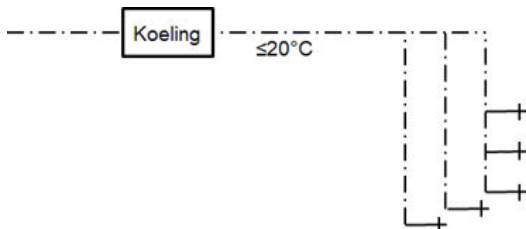
5.3.2 Koeling aan het leveringspunt zonder circulatie

Koeling van het drinkwater aan het leveringspunt tot een temperatuur van 15 – 20 °C is een aanpak die geschikt is in situaties waarbij het geleverde drinkwater regelmatig warmer dan 25 °C is en zelden of nooit opwarming tot boven 25 °C in het gebouw optreedt (zie Figuur 3).

Indien op enkele plaatsen of in warme perioden opwarming in het gebouw optreedt kan ervoor worden gekozen deze maatregel te combineren met een spuisysteem. Door de koeling van het drinkwater aan het leveringspunt is het spuien in alle situaties effectief. Bij dit systeem is dampdichte isolatie van de drinkwaterleidingen in het gebouw aan te bevelen; zeker als spuien als aanvullende maatregel wordt toegepast.

Met dit systeem kan de temperatuur onder 25 °C worden gehouden, waarmee aan de eis uit NEN 1006 wordt voldaan.

Indien de temperatuur in het gehele systeem onder 20 °C moet blijven is een lagere insteltemperatuur dan 20 °C van de koeling vereist, in combinatie met spuismaatregelen als er weinig getapt wordt. Omdat in veel gebouwen, vooral in de zomer, een temperatuur boven 20 °C kan optreden zal dan regelmatig gespuid moeten worden.



Figuur 4. Principeschema koeling aan het leveringspunt zonder circulatie. Appendages e.d. zijn weggelaten; de temperatuur is indicatief

Dit systeem is bijvoorbeeld toegepast in gebouw “De Rotterdam” [11].

5.3.3 Koudtapwatercirculatiesysteem met koeling in de retourleiding

In dit systeem bevindt de koeling zich in de retour en is het ontwerp koelvermogen zodanig dat voornamelijk de opwarming van het drinkwater in het gebouw wordt tenietgedaan.

Dit systeem is geschikt in situaties waarbij het geleverde drinkwater altijd kouder dan 25 °C is. Koudtapwatercirculatiesystemen kunnen zowel centraal (voor de gehele installatie) als decentraal (bijvoorbeeld per strang of gebouwdeel) worden uitgevoerd.

De structuur en werkwijze van een KWC is vergelijkbaar met dat van een warmtapwater circulatiesysteem. Een wezenlijk verschil vormt de positie van de koeling in het systeem en het ontbreken van een voorraadvat in de meeste varianten.

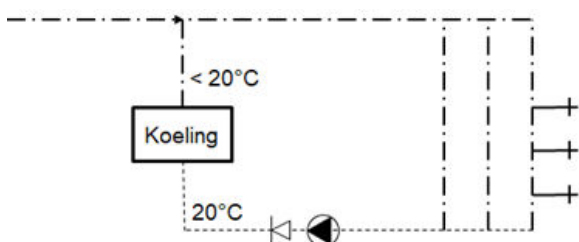


In dit systeem bevindt de koeling zich in de retourleiding en is het ontwerp koelvermogen zodanig dat de opwarming van het drinkwater in het gebouw wordt tenietgedaan. Hierbij wordt het drinkwater gekoeld tot onder de ontwerp retourtemperatuur, met een ontwerp retourtemperatuur van maximaal 20 °C.

Met dit systeem kan de drinkwatertemperatuur niet continu onder 20 °C worden gehouden. Zodra er een grote, langdurige afname optreedt wordt de temperatuur in de aanvoerleiding gedomineerd door de drinkwatertemperatuur aan het leveringspunt. Hierna zal de temperatuur door het circulatiesysteem weer dalen (dit wordt in paragraaf 5.4 toegelicht).

De uittapleidingen worden bij een dergelijke afname gevuld met water met een hogere temperatuur dan 20 °C.

Dit systeem is alleen geschikt als de temperatuur aan het leveringspunt altijd onder 25 °C blijft. Dit systeem voldoet alleen aan de 25 °C eis van NEN 1006; een scherpere eis van bijvoorbeeld 20 °C voor de gehele drinkwaterinstallatie kan hiermee niet continu worden gerealiseerd.



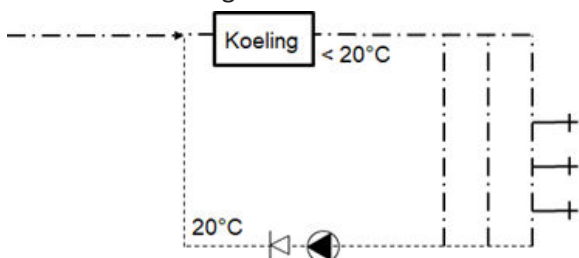
Figuur 5. Koudtapwatercirculatiesysteem met koeling in de retourleiding. Appendages e.d. zijn weggelaten; temperaturen zijn indicatief.

5.3.4 Koudtapwatercirculatiesysteem met koeling in de aanvoerleiding

In dit koudtapwatercirculatiesysteem bevindt de koeling zich in de centrale aanvoerleiding en is het ontwerp koelvermogen zodanig dat zowel de opwarming aan het leveringspunt als van het drinkwater in het gebouw wordt tenietgedaan. Beide functies zijn in dit systeem gecombineerd. Hierbij wordt het drinkwater gekoeld tot onder de ontwerp retourtemperatuur, met een ontwerp retourtemperatuur van maximaal 20 °C.

Met dit systeem kan de temperatuur continu onder 20 °C worden gehouden. De uittapleidingen worden bij iedere afname gevuld met water met een temperatuur onder 20 °C. Indien gewenst kan in aanvulling hierop een spuivoorziening op tappunten worden aangebracht.

Dit systeem voldoet aan de 25 °C eis van NEN 1006 en is tevens in staat om continu aan de scherpere eis van 20 °C voor de gehele drinkwaterinstallatie te voldoen.



Figuur 6. Koudtapwatercirculatiesysteem met koeling in de aanvoerleiding. Appendages e.d. zijn weggelaten; temperaturen zijn indicatief.



5.3.5 Gescheiden koeling aan het leveringspunt en in een koudtapwatercirculatiesysteem

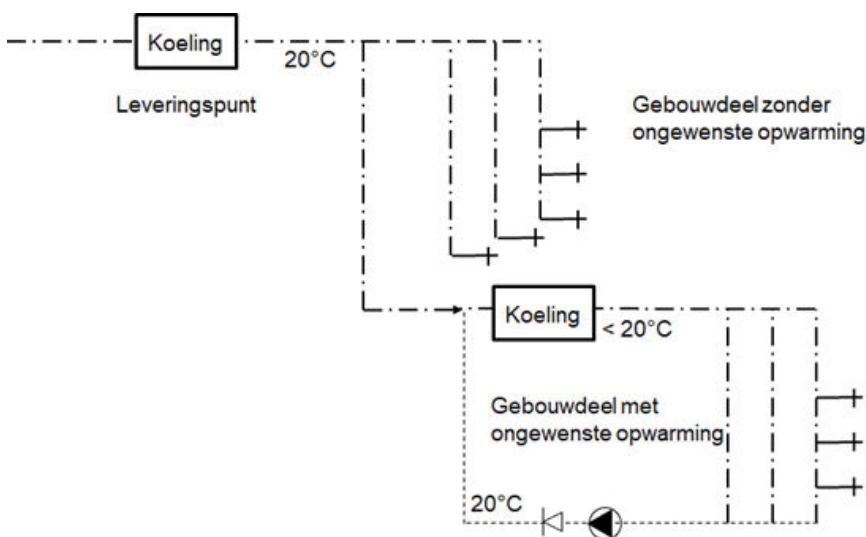
In dit systeem bevindt de koeling zich op twee posities:

- Aan het leveringspunt, waarmee het drinkwater tot een temperatuur van 15 – 20 °C kan worden afgekoeld.
- In de retourleiding van een koudtapwatercirculatiesysteem.

Dit is van toepassing als in een deel van gebouw opwarming in de drinkwaterinstallaties kan optreden en alleen in dat deel een KWC gewenst is en als het drinkwater aan het leveringspunt een deel van het jaar een te hoge temperatuur heeft. Indien gewenst kunnen verschillende koudtapwatercirculatiesystemen worden toegepast.

Functioneel is dit een combinatie van de hierboven beschreven afzonderlijke systemen. Voor het ontwerp en bedrijf van de afzonderlijke koelsystemen kan dezelfde aanpak worden gevolgd.

Dit systeem voldoet aan de 25 °C eis van NEN 1006. Of hiermee tevens in (een deel van) de installatie aan de scherpere eis van 20 °C kan worden voldaan is afhankelijk van de situatie.



Figuur 7. Principeschema gescheiden koeling aan het leveringspunt en in het koudtapwatercirculatiesysteem. Appendages e.d. zijn weggelaten; temperaturen zijn indicatief

5.3.6 Toepassingen van circulatiesystemen

De volgende toepassingen van circulatiesystemen zijn mogelijk:

- Koeling met circulatie in alleen de warme ruimten. Toe te passen bij gebouwen met enkele warme ruimten.
- Koeling met circulatie in hoofdleiding en schachten.
- Koeling met circulatie in hoofdleidingen, schachten en verdieping.
- Koeling met circulatie in hoofdleidingen, schachten, verdieping en plafond toiletgroep.
- Koeling met circulatie in hoofdleidingen, schachten, verdieping, plafond toiletgroep en muurplaat.



5.4 Volumestromen en temperatuurregeling in een circulatiesysteem

5.4.1 Volumestromen

Voor het goed functioneren van een circulatiesysteem is continue circulatie over alle deelringen vereist. Hierdoor kan de gewenste temperatuur worden gehandhaafd door regeling van de koeling en wordt voorkomen dat opwarming in het circulatiesysteem optreedt.

Het uitgangspunt voor de bepaling van de volumestromen is de stroomsnelheid. Tijdens afnames bedraagt de maximale stroomsnelheid in de aanvoerleidingen 1,5 – 2 m/s en bij geen afname maximaal 0,7 m/s, naar analogie met de bepalingen voor warmtapwatercirculatiesystemen in WB 4.4A [2].

“Bij het leidingontwerp moet aan de volgende voorwaarden worden voldaan:

1. de snelheid van het water in de leiding moet, in verband met o.a. geluid, kleiner of gelijk zijn aan 2,0 m/s. Voor die situaties waarbij geluidsoverlast beperkt moet worden, wordt een stroomsnelheid kleiner dan 1,5 m/s aanbevolen, zie ook NTR 5076.

De stroomsnelheid in warmtapwatercirculatieleidingen mag bij geen afname maximaal 0,7 m/s bedragen. Dit ter voorkoming van geluidsoverlast, besparen van pompenergie en verhinderen van het optreden van erosie-corrosie.”

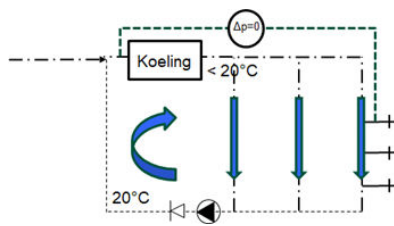
Citaat uit WB 4.4A

Voor de ondergrens van de dimensionering van de pomp in de retourleiding wordt uitgegaan van de vereiste opvoerhoogte zonder dat er getapt wordt. Dan is de weerstand in de relatief dikke aanvoerleidingen gering (10 à 20 Pa/m) en in de relatief dunne retourleidingen hoger (bij koper 15 mm en 35 mm respectievelijk tussen de 650 Pa/m en 200 Pa/m bij 0,7 m/s). In veel situaties zal een opvoerhoogte van 30 – 50 kPa voldoende zijn.

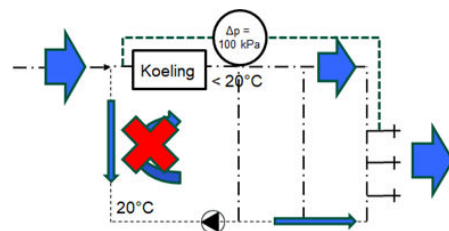
Een kenmerk van een circulatiesysteem is dat de circulatievolumestroom bij een min-of-meer constante opvoerhoogte sterk afhankelijk is van de grootte van de tapvolumestroom. Bij grote afname stijgt de leidingweerstand in de toevoerleiding en kan de circulatie geheel tot stilstand komen en kan de stroming in (delen van) de retourleiding omkeren. Dit verschijnsel is voor warmtapwatercirculatiesystemen uitgebreid beschreven in paragraaf 6.3 van TVVL publicatie ST 46 [17].

Om dit te begrijpen worden hier twee bedrijfssituaties vergeleken:

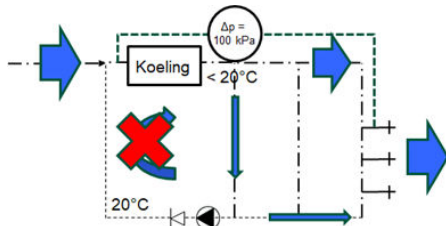
- Alleen circulatie, geen afname (Figuur 7).
In deze situatie is de weerstand in de aanvoerleiding(en) zeer gering t.o.v. de weerstand in de retourleiding. Dit wordt veroorzaakt door de grotere leidingdiameter in de aanvoerleiding(en) t.o.v. de retourleiding, bij gelijke volumestroom.
Omdat er geen afnames zijn is de systeemdruk van bijvoorbeeld ca. 200 kPa overal gelijk bij een horizontaal systeem.
- Circulatie en een grote tapvolumestroom.
In deze situatie is de weerstand in de aanvoerleiding(en) veel groter dan bij alleen circulatie omdat de volumestroom veel groter is. Er treedt een groot drukverschil op tussen het leveringspunt en het geopende tappunt; dat kan oplopen tot ca. 100 kPa ([1] volgens NEN 1006 dient 100 kPa voor de tappunten beschikbaar te zijn). Dit drukverschil is groter dan de (ontwerp) opvoerhoogte van de recirculatiepomp zonder afname, waardoor een bescheiden deel van de tapvolumestroom via de retourleiding zijn weg zoekt naar het tappunt als geen verdere maatregelen worden genomen. Zonder keerklep zal een deel van de tapvolumestroom via de pomp terugstromen (Figuur 8).
Om terugstroming te voorkomen dient in de retourleiding een keerklep te worden geplaatst. Hiermee wordt terugstroming via de pomp belemmert. Terugstroming via de andere deelringen is wel mogelijk (Figuur 9).
Als ook bij grote afname permanente circulatie gewenst is dient de circulatiepomp in staat te zijn een opvoerhoogte te leveren die groter is dan de maximaal te verwachten weerstand in de aanvoerleiding(en) (Figuur 10).



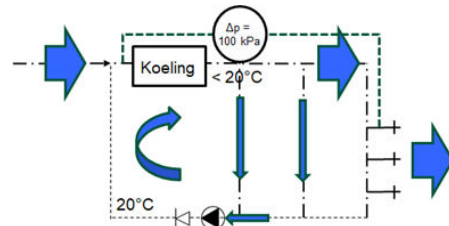
Figuur 8. Circulatiesysteem zonder afname met stroming over alle deelringen.



Figuur 9. Circulatiesysteem met grote afname. De kleinste pijl laat de stroming zien die optreedt zonder keerklep.



Figuur 10. Circulatiesysteem met grote afname. De keerklep verhindert terugstroming over de pomp. De kleinste pijl laat de terugstroming zien die optreedt via een deelring.



Figuur 11. Circulatiesysteem met grote afname. De kleinste pijl laat de stroming zien die optreedt bij voldoende opvoerhoogte van de circulatiepomp.

“2.1.1 Druk en volumestroom

De leidingwaterinstallatie moet zo worden ontworpen en uitgevoerd dat de gebruiksdruk op de aansluit- of tappunten onder normale gebruiksomstandigheden groter is dan 100 kPa. Hierbij moeten de in tabel 2 vermelde minimale volumestromen voor drinkwater en warmtapwater bij 100 kPa worden gehaald. Voor de bepalingsmethode, zie 5.1.”

Citaat uit NEN 1006

Wat duidelijk wordt is dat zonder extra opvoerhoogte van de pomp bij grote afname de circulatiestroom vermindert of stagneert, waardoor in de retourleiding opwarming kan optreden. Zodra de afname vermindert of eindigt komt de circulatie weer op gang en kan de leiding weer afkoelen.

In een systeem met koeling in de aanvoer verloopt dit relatief snel: de aanvoerleiding is namelijk gevuld met gekoeld water.

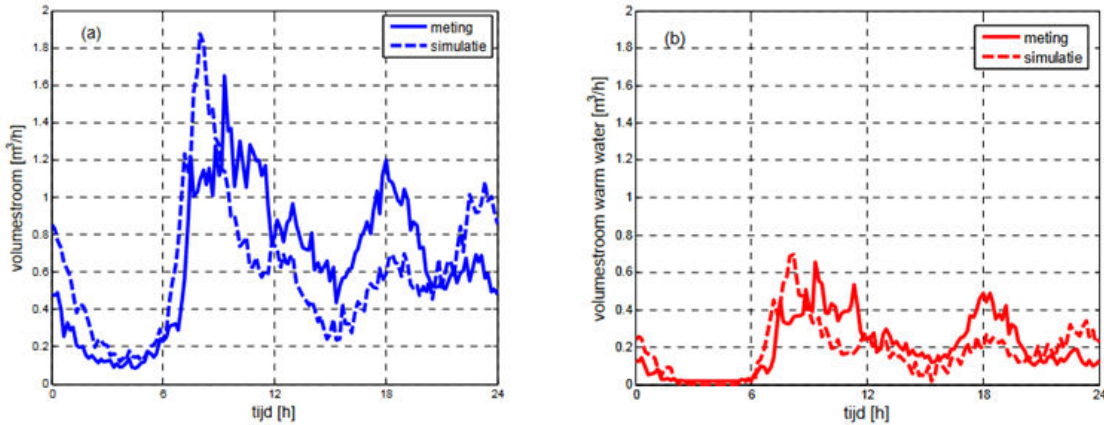
In een systeem met koeling in de retourleiding verloopt dit relatief langzaam: de aanvoerleiding is namelijk gevuld met ongekoeld water dat eerst gekoeld en verdrongen moet worden.

Nu is het de vraag hoe lang een onderbreking van de circulatie optreedt en of er maatregelen zijn om onderbrekingen te verminderen.

- De hoogte van de “kritische tapvraag”
De onderbreking van de circulatie treedt op als de tapvraag zo hoog is dat het drukverschil tussen het leveringspunt en het geopende tappunt enige tijd groter is dan de ontwerp of maximale opvoerhoogte van de circulatiepomp. Deze tapvraag wordt hierna aangeduid als de “kritische tapvraag” en zal per project moeten worden bepaald. Als deze kritische tapvraag laag is ten opzichte van de ontwerp tapvolumestroom zal bij een relatief lage tapvraag stagnatie optreden.
- Het tappatroon
Hierbij is het de vraag hoe de tapvraag verdeeld is, waarbij het vooral gaat om de vraag hoelang achtereen de kritische tapvraag wordt overschreden. Voor deze tapvraag zijn als voorbeeld gegevens op een tijdschaal van 10 minuten beschikbaar uit een serie KWR rapporten uit 2013 voor woontorens [18], kantoren [19], hotels [20] en zorginstellingen [21]. Deze tijdschaal is voldoende omdat de opwarmtijd tot boven 25°C langer is. Hieronder zijn voorbeelden van de beschikbare tappatronen gegeven. Deze simulaties in deze voorbeelden zijn gemaakt met SIMDEUM [22].

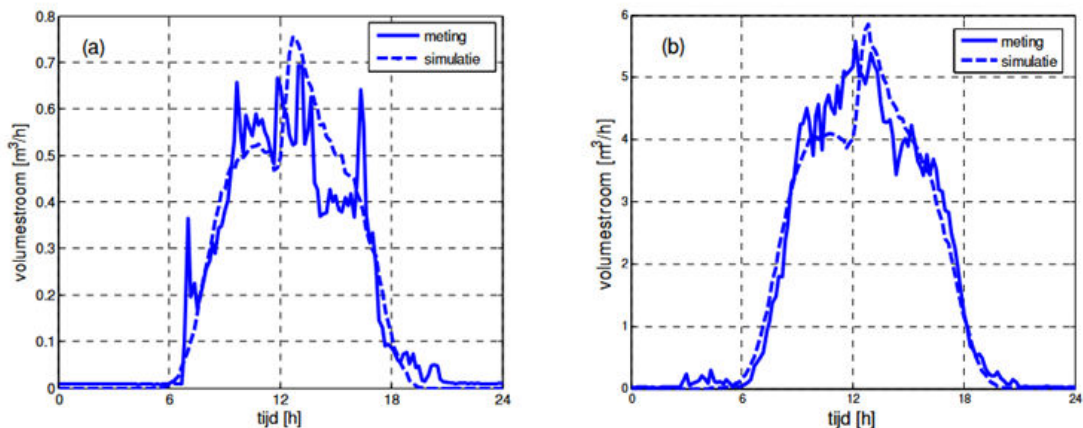


Als de stagnatie langer duurt dan ca. 1 uur kan de temperatuur in de retourleiding te hoog oplopen, zoals geïllustreerd in paragraaf 3.4. Of deze situatie zich in de praktijk veel zal voordoen is zonder verdere gegevens niet te bepalen.



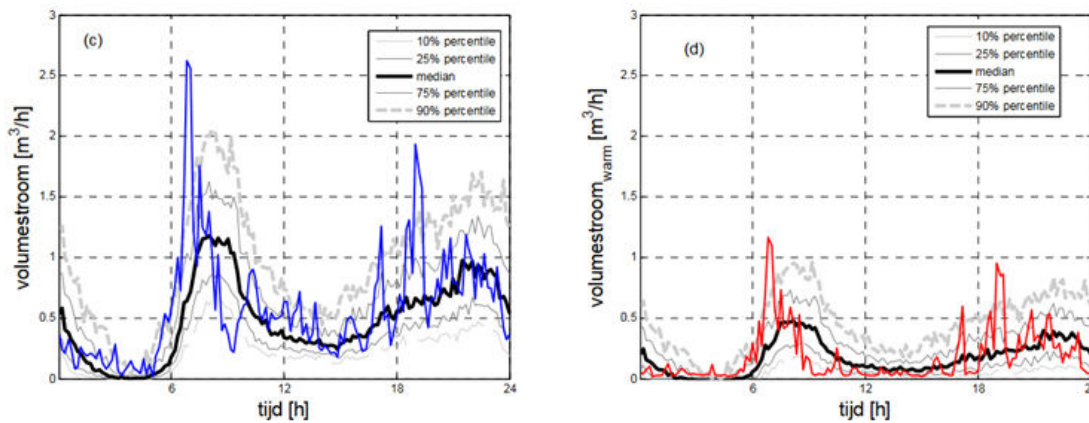
Figuur 5-1 Het gemeten (—) en gesimuleerde (---) gemiddelde afnamepatroon in woontoren II voor a) koud water (=totaal water) en b) warm water (weergave met een tijdschaal van 10 minuten).

Figuur 12. Tappatroon voor woontoren [18], 99 appartementen met eenzelfde leidingwaterinstallatie, voor 60% bewoond door senioren, 15% door gezinnen, 15% door alleenstaanden en 10% door mensen met een beperking.



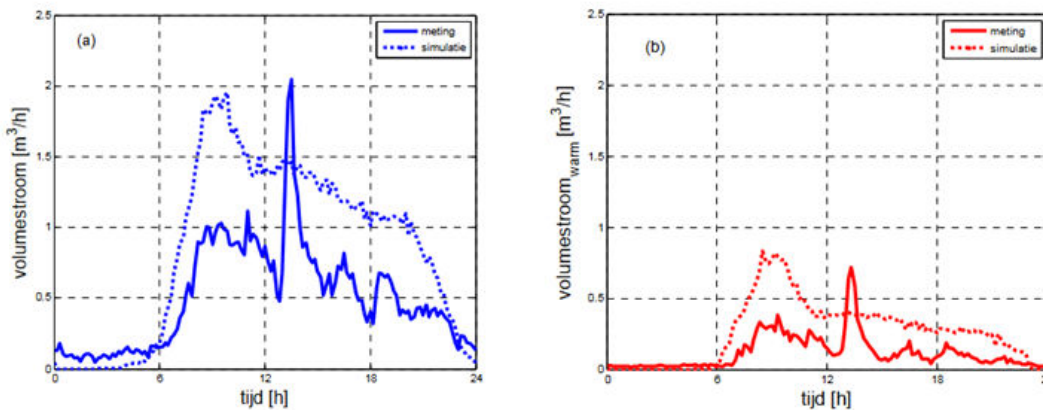
Figuur 5-1 Het gemeten (—) en gesimuleerde (---) gemiddelde afnamepatroon voor koud water (=totaal water) in a) kantoor I met 255 medewerkers en in b) kantoor II met 1800 medewerkers (invoer 2000 door hoog bezoekersaantal) (weergave met een tijdschaal van 10 minuten).

Figuur 13. Tappatroon voor kantoren [19]



Figuur II-1 Het gemeten (—) en gesimuleerde (...) gemiddelde afnamepatroon en het afnamepatroon bij volledige bezetting (---) voor koud water (=totaal water) in (a) en warm water in (b) voor zakelijk hotel I met 80 hotelkamers. De percentielen van het koud (c) en warm water verbruik (d) en het afnamepatroon bij volledige bezetting in zakelijk hotel I (weergave met een tijdschaal van 10 minuten).

Figuur 14. Tappatroon voor een zakelijk hotel [20]



Figuur 5-1 Het gemeten (—) en gesimuleerde (---) gemiddelde afnamepatroon voor koud water (=totaal water) in (a) en warm water in (b) voor zorginstelling I met 124 bedden met intensief gebruik van de bedpanspoeler (weergave met een tijdschaal van 10 minuten).

Figuur 15. Tappatroon voor een zorginstelling met 124 bedden [21]

Wat opvalt in de hier gepresenteerde tappatronen is dat in woontorens, hotels en zorginstellingen één of twee pieken optreden die maximaal een uur duren; de resterende vraag ligt lager dan de helft van de piekvraag. Als de kritische tapvraag hier op 50 % van de maximale vraag ligt zal langdurige stagnatie en opwarming niet snel optreden.

In kantoren is een minder scherpe piek aanwezig maar tekent zich een meer gelijkmatig verbruik over de dag af. Als de kritische tapvraag hier op 50 % van de maximale vraag ligt kan langdurige stagnatie en opwarming wel optreden.

Indien langdurige stagnatie voorzien wordt of stagnatie ongewenst is dient een robuuste aanpak te worden gevolgd, namelijk de toepassing van een pomp waarmee een opvoerhoogte kan worden geleverd die in alle omstandigheden de circulatie in stand houdt en die zodanig geregeld wordt dat een (beperkte) stroming in de retourleidingen gewaarborgd wordt. Bij een dergelijk ontwerp wordt een toerengeregelde pomp toegepast die regelt op de gewenste, constante circulatievolumestroom. Dit kan niet zinvol gecombineerd worden met temperatuurgestuurde dynamische inregelafsluiters.



Indien alleen kortdurende stagnatie voorzien wordt en geen probleem is kan een pomp met een lagere ontwerp opvoerhoogte worden gekozen.

Dit is in lijn met de conclusies/aanbevelingen uit paragraaf 6.5 van TVVL publicatie ST 46 [17]:

- “Toerenregeling heeft over het algemeen geen toegevoegde waarde bij een warmtapwatercirculatiesysteem.
- Als een toerengeregelde pomp toegepast wordt is een regeling op basis van een vaste volumestroom het meest plausibel.
- Een toerengeregelde pomp die geregeld wordt op basis van een vaste volumestroom kan niet gecombineerd worden met thermostatische inregelafsluiters.”

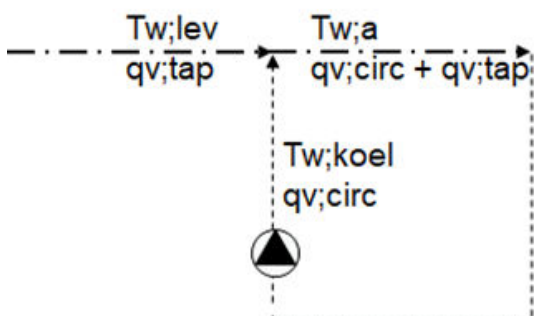
5.4.2 Temperatuurregeling

De mogelijkheden en vereisten voor temperatuurregeling in het KWC zijn voor de systeemvarianten sterk verschillend.

Bij het koudtapwatercirculatiesysteem met koeling in de aanvoerleiding wordt de temperatuur in de aanvoerleiding bepaald door het beschikbare vermogen en de regeling hiervan. Bij een juiste dimensionering kan zowel in rust als bij grote afname een ingestelde aanvoertemperatuur in het systeem gehandhaafd worden. Bij snelle en grote variaties in tapgebruik zullen schommelingen in de aanvoertemperatuur tot zeker 5 K onvermijdelijk zijn.

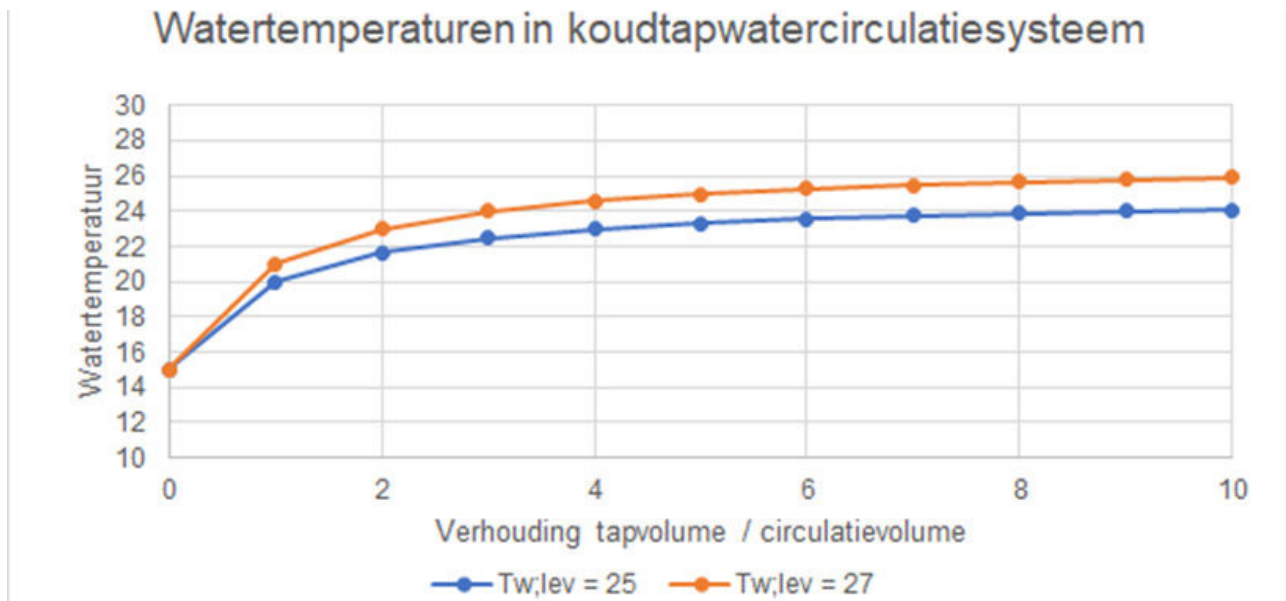
Bij het koudtapwatercirculatiesysteem met koeling in de retourleiding wordt de temperatuur in de aanvoerleiding bepaald door het mengen van ongekoeld drinkwater van het leveringspunt met gekoeld water uit de retourleiding (zie Figuur 15). En dat legt tijdens grote afname beperkingen op voor de beheersing van de aanvoertemperatuur $T_{w;a}$ in de centrale toevoerleiding.

Hierboven is toegelicht dat bij grote afname de circulatievolumestroom sterk vermindert. Maar zelfs bij een gelijkblijvende circulatievolumestroom kan de drinkwatertemperatuur nauwelijks verlaagd worden, zoals hieronder wordt toegelicht.



Figuur 16. Mengen gekoeld water uit retourleiding en ongekoeld drinkwater van het leveringspunt

In de regel heeft de retourleiding een kleinere diameter dan de aanvoerleiding. Een diameterverhouding van 1:2 of 1:3 komt overeen met een oppervlakte(doorsnede) verhouding van 1:4 of 1:9. Bij gelijke maximum stroomsnelheden in de aanvoer- en retourleiding levert dit een mengverhouding tussen gekoeld water en ongekoeld drinkwater op van 1:3 of 1:8 bij grote afname. Omdat de maximum stroomsnelheden in de aanvoer- en retourleiding 1,5 resp. 0,7 m/s zijn wordt deze mengverhouding twee keer groter. Hierdoor kan bij grotere tapvolumes de temperatuur in de aanvoerleiding nauwelijks beheerst worden; deze wordt vrijwel gelijk aan de temperatuur van het water aan het leveringspunt. Dit wordt geïllustreerd in de onderstaande figuur.



Figuur 17. Watertemperaturen in een KWC met koeling in de retourleiding. Resulterende $T_{w;a}$ bij een constante T_w koeling van 15 °C en een temperatuur aan het leveringspunt 25 resp. 27 °C. In deze grafiek is de opwarming in het gebouw verwaarloosd.

Deze figuur laat zien dat bij een grote verhouding tussen tapvolume en circulatievolume de aanvoertemperatuur vooral bepaald wordt door de temperatuur van het ongekoelde drinkwater. Als deze 's zomers hoger dan 25 °C wordt dan zal tijdens (grote) afname de temperatuur van het aanvoerwater nauwelijks verlaagd worden. Als de afname klein is kan een geleidelijke daling van de temperatuur in het systeem optreden.

Hiervoor is een aanzienlijk groter koelvermogen vereist dan het koelverlies van het circulatiesysteem omdat tevens het gehele watervolume in het systeem moet worden gekoeld van de temperatuur aan het leveringspunt tot de gewenste waarde. In deze systeemvariant is dus een relatief groot en goed regelbaar koelvermogen vereist.

Met dit systeem kan de watertemperatuur niet goed beheerst worden. In de zomer zal bij een hoge tapvolumestroom de watertemperatuur bepaald worden door de temperatuur aan het leveringspunt. Als een maximum temperatuur van 25 °C in het gehele systeem vereist is dient de circulatievolumestroom en het koelvermogen relatief groot te zijn.

Het continu handhaven van een temperatuur onder 20 °C in het gehele systeem is niet goed mogelijk.

Bij beide varianten koudtapwatercirculatiesystemen (met koeling in de retour- of aanvoerleiding) zullen dus schommelingen in de aanvoertemperatuur ($T_{w;a}$) tot zeker 5 K onvermijdelijk zijn.

5.4.3 Inregelventielen, pompregeling

Bij de keuze van de typen inregelventielen (statisch of temperatuur gestuurd dynamisch) in de deelringen en pompregeling zijn de volgende uitgangspunten van belang:

- De temperatuurregeling wordt verzorgd door de koeling.
- Het is daarom minder voor de hand liggend de pomp of de inregelventielen op de temperatuur te regelen om tegen elkaar in werkende regelingen te voorkomen.
- In de aanvoertemperatuur treden soms snelle schommelingen op tot zeker 5 K door de soms snelle en grote variatie in tapdebiet.
- Het koudeverlies is relatief klein t.o.v. het warmteverlies in een qua afmetingen vergelijkbaar warmtapwatercirculatiesysteem (zie bijlage 3) met als gevolg:
 - o Vergelijkbare volumestroom bij relatief kleine Δt (1-2 K)
 - o Vergelijkbare Δt (5 K) bij relatief kleine volumestroom.



Dit wordt geïllustreerd in onderstaande voorbeeldberekening voor één deelring voor de situatie zonder afname. De uitgangspunten zijn:

- Per deelring een lengte van 25 of 50 m voor zowel de aanvoer- als retourleiding.
Bij verticale deelringen is 10 m het maximum omdat daarboven een hydrofoor met een nieuwe deelring moet worden toegepast.
- Aanvoer maat DN 25 of DN 32, retour DN 12 of DN 15
- Isolatie 13 mm elastomeer
- Temperatuurverschil aan de koeler 2 of 5 K

Lengte per deel	m	25	25	25	25	50	50	50	50
Maat aanvoerleiding		DN 25	DN 32	DN 25	DN 32	DN 25	DN 32	DN 25	DN 32
U	W/m.K	0,299	0,351	0,299	0,351	0,299	0,351	0,299	0,351
Maat retourleiding		DN 12	DN 15	DN 12	DN 15	DN 12	DN 15	DN 12	DN 15
U	W/m.K	0,2	0,224	0,2	0,224	0,2	0,224	0,2	0,224
Tw(0)	°C	15	15	15	15	15	15	15	15
Tomg	°C	28	28	28	28	28	28	28	28
ΔT	K	2	2	5	5	2	2	5	5
Pverlies;spec aanvoer	W/m	-3,9	-4,6	-3,9	-4,6	-3,9	-4,6	-3,9	-4,6
Pverlies;spec retour	W/m	-2,6	-2,9	-2,6	-2,9	-2,6	-2,9	-2,6	-2,9
Pverlies;tot	W	-162	-187	-162	-187	-325	-374	-325	-374
qv	lt/h	70	80	28	32	140	161	56	64
V	m/s	0,15	0,11	0,06	0,04	0,29	0,22	0,12	0,09

Tabel 3. Warmteverlies Pverlies;tot en vereiste volumestroom qv voor verschillende leidingnetvarianten, met 13 mmm leidingisolatie

Hieruit blijkt voor een 2 x 25 m (deel)ring met maat DN 25 of DN 32 dat:

- de vereiste volumestroom ca. 30 resp 75 lt/h bedraagt bij een opwarming (ΔT) van 5 resp 2 K.
- de bijbehorende stroomsnelheid V maximaal 0,06 resp 0,15 m/s bedraagt; aanzienlijk lager dan de minimumsnelheid van 0,7 m/s. De weerstand van de leidingen zal dan zeer klein zijn.

De vraag is nu hoe zich dit verhoudt tot het regelgedrag van beschikbare inregelventielen. Ter oriëntatie zijn hieronder de specs gegeven van temperatuur gestuurde inregelventielen van twee fabrikanten. Het betreft inregelventielen maat DN 15, met een minimum debiet (kv-waarde), die verder openen bij een watertemperatuur boven de insteltemperatuur.

- Oventrop Aquastorm K
 - o instelbaar tussen 12 en 24 °C
 - o kv;min = 0,05; minimale koudwaterstroom 50 l/h bij dP = 1 bar = 100 kPa
- Kemper KHS CoolFlow koudwater-inregelafsluiter met servomotor 230V
 - o Regelbereik 15 – 22 °C
 - o kv;min >= 0,03; minimale koudwaterstroom 30 l/h bij dP = 1 bar = 100 kPa

In een circulatiesysteem wordt een circulatiepomp toegepast met een opvoerhoogte van 40 – 60 kPa, oplopend tot 80 kPa voor de grotere systemen. Dat levert een lagere minimale koudwaterstroom op dan vereist in het rekenvoorbeeld van Tabel 3. In een compacter systeem met lage koudeverliezen kan de minimale koudwaterstroom voldoende zijn. Een temperatuur gestuurd inregelventiel heeft dan weinig toegevoegde waarde omdat de minimum doorlaat volstaat.

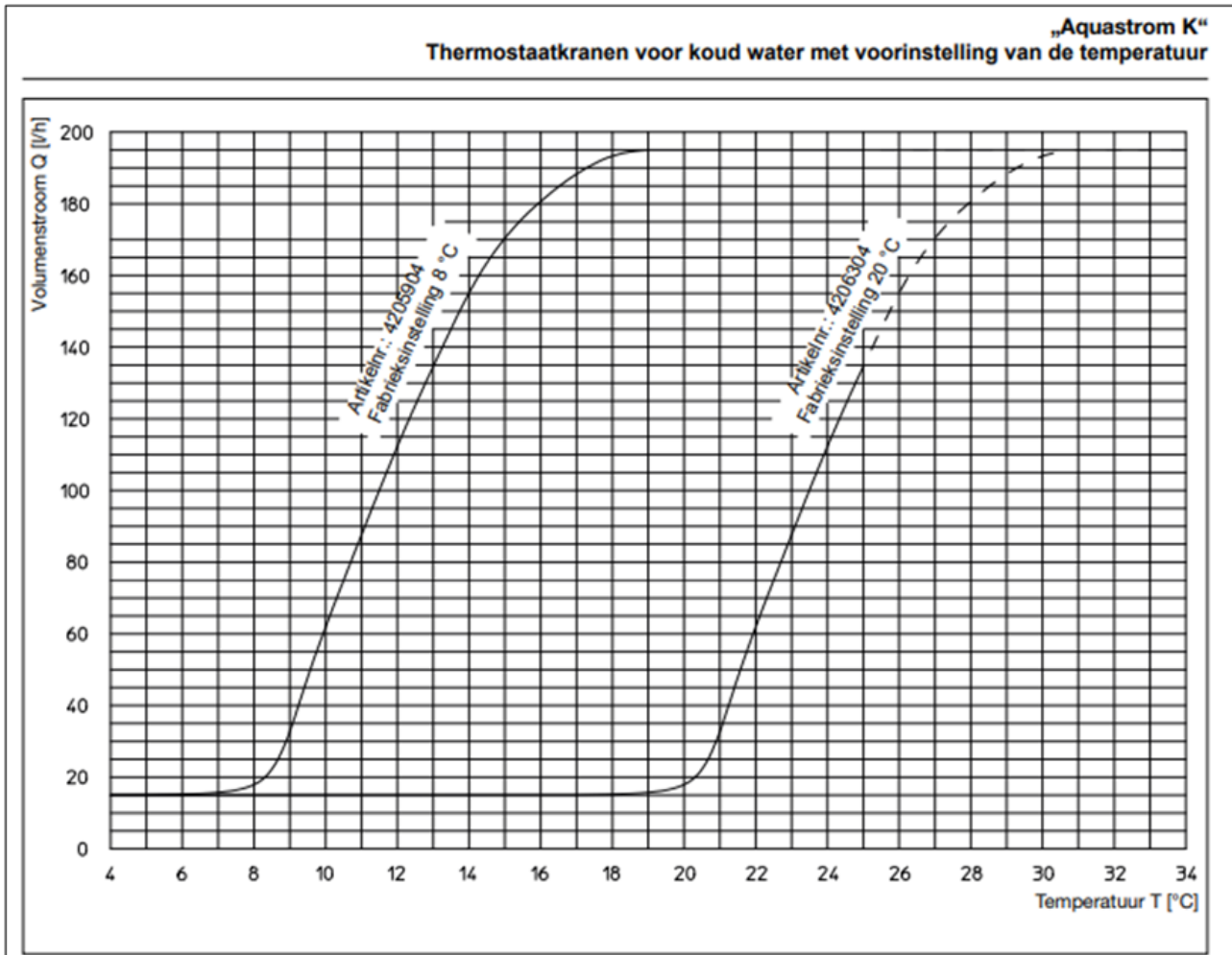
In een systeem met langere leidingen met een koudeverlies van meer dan ca. 50 W per deelring waarin de koeler een temperatuur van 15 °C levert en opwarming van maximaal 5 K gewenst is, is een temperatuur gestuurd inregelventiel zinvol en zal dus verder openlopen. Indien het ventiel is ingesteld op 20 °C zal in de praktijk de temperatuur oplopen tot 22-24 °C omdat de vereiste hogere volumestroom pas optreedt bij een hogere watertemperatuur dan ingesteld (zie Figuur 18).

Dit kan verder oplopen als de regeling van de koeler een temperatuurvariatie van 2-5 K veroorzaakt boven het instelpunt van 15 °C. Dan loopt de temperatuur bij de inregelventielen nog verder op en lopen die nog verder open.



Hierdoor meent de doorstroming toe en daalt de temperatuur. De ventielen dienen dan deels om de temperatuurvariatie van de koeler op te vangen.

Om een maximum temperatuur van bijvoorbeeld 20 °C te realiseren is een temperatuurinstelling van het ventiel met 2 – 4 K onder het gewenste maximum vereist (zie ter illustratie Figuur 18).



Figuur 18. Overtrop aquastroom K met insteltemperatuur van 20 °C

Voor het ontwerp van de installatie zijn de volgende punten van belang:

- de kv-waarde is afhankelijk van de stroomsnelheid en de klepstand;
- de fabrikant/leverancier dient diagrammen met de kv-waarde als functie van de klepstand en stroomsnelheid beschikbaar te stellen;
- bij toepassing van temperatuur gestuurde dynamische inregelventielen dient in de deelring met het grootste drukverlies (meestal de langste/uiteerste deelring) een statisch inregelventiel te worden toegepast;
- hiermee kan de berekening van stroomsnelheden, weerstand en vereiste opvoerhoogte van de circulatiepomp worden uitgevoerd op een manier die vergelijkbaar is met die voor warmtapwatercirculatiesystemen.

De vraag mag worden gesteld welke toegevoegde waarde temperatuur gestuurde inregelventielen hebben. Een statisch inregelventiel met een iets grotere, vaste kv-waarde levert een iets groter debiet (en daarmee een lagere ΔT) op waarbij de stroming over alle ventielen altijd voldoende is.



Gezien het relatief kleine ontwerptemperatuurverschil en de te verwachten schommelingen in de aanvoertemperatuur lijkt een pompregeling op temperatuur minder zinvol. Samenvattend zijn er voor de keuze van de typen inregelventiel en pomp de volgende opties:

Tabel 4. Overzicht combinaties inregelventielen en pompregeling

Inregelventielen	Statisch	Statisch	Statisch	Dynamisch
Pompregeling	Constant toerental (of variabel met een ingesteld vast toerental)	Variabel toerental met constante drukverhoging	Variabel toerental met constante volumestroom	Variabel toerental met constante opvoerhoogte
Retour volumestroom bij (grote) afname	Daalt sterk / stagneert	Daalt / stagneert	Constant	Daalt / stagneert
Volumestroom over deelringen zonder afname	Constant	Constant	Constant	Variaties t.g.v. de regeling op temperatuur

5.5 Koeling en verversing aan de tappunten

5.5.1 Systeemvarianten

Tappunten met uittapleidingen kunnen op verschillende manieren worden aangesloten en bedreven met oog op verversing en temperatuurbeheersing:

- Aftakkende leiding naar tappunt met elektronische tapkraan; deze wordt op basis van gebruik, tijd en/of temperatuur automatische geopend. Deze aansluitwijze is in principe overall toepasbaar.
- Volledig doorstroomd aangesloten tappunt met gewone tapkraan. Deze aansluitwijze is niet altijd even goed toepasbaar; een te kronkelige installatie dient vermeden te worden.
- Via een *stromingsdeler volgens het venturi-principe* doorstroomd aangesloten tappunt met gewone tapkraan.

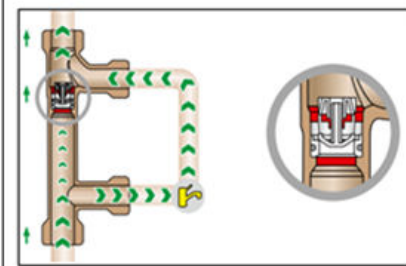
Deze aansluitwijze is mogelijk bij zowel een circulatiesysteem als bij aansluiting op een uittapleiding van een (veelgebruikt) stroomafwaarts gelegen tappunt. Bij toepassing in een permanent circulerend circulatiesysteem is er continue doorstroming. Bij aansluiting op een uittapleiding is er alleen doorstroming als aan het stroomafwaarts gelegen tappunt getapt of gespuid wordt.

Bij toepassing van een stromingsdeler volgens het venturi-principe wordt het water verdeeld over de bypass en de doorgaande leiding. Bij een laag drukverschil over de venturi gaat het water in eerste instantie over de bypass. Als er veel water getapt wordt, dan gaat het water over de by-pass en de doorgaande leiding.

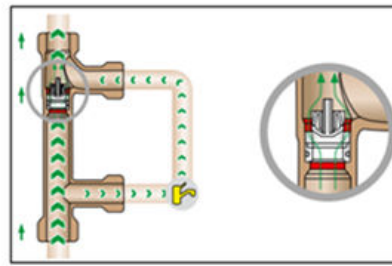
Voor de momenteel in de markt beschikbare stromingsdeler is een drukverschil van 2 à 2,5 kPa vereist. De maximale lengte van de ringleiding (van de by-pass) bedraagt 60 meter.

Voor het goed functioneren van de stromingsdeler is een door de fabrikant vereiste minimale druk over de stromingsdeler vereist, wat met een berekening dient te worden aangetoond.

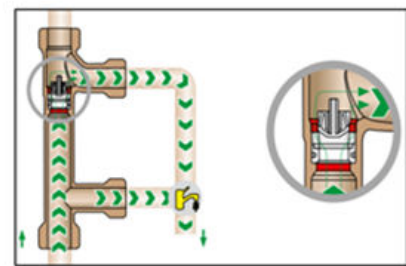
- Via een *statische stromingsdeler* doorstroomd aangesloten tappunt met gewone tapkraan. Hierbij vindt in principe een permanente verdeling van water over de by-pass en de hoofdstroom plaats. Ook voor de statische stromingsdeler is voor het goed functioneren van de stromingsdeler een door de fabrikant vereiste minimale druk over de stromingsdeler vereist, wat met een berekening dient te worden aangetoond.

**Circulatie volumestroom**

- Venturi blijft bijna volledig gesloten
- Nagenoeg totale volumestroom wordt door de ringleiding geleid.
- Doorstroming van tot aan het laatste tappunt in de natte cel.

Maximale doorstroming

- Venturi opent bij bereiken openingsdruk.
- Nagenoeg totale volumestroom wordt door hoofd- of stijgleiding geleid.
- Doorstroming van tot aan het laatste tappunt in de natte cel.

Water gebruik in de deelring

- Venturi opent bij bereiken openingsdruk.
- De volumestroom wordt verdeeld over beide aansluitleidingen van de stromingsdeler.
- Ringleiding kan in kleinere diameter uitgevoerd worden.

Figuur 19. Voorbeeld stromingsdeler volgens het venturi-principe (Kemper)

5.5.2 Opwarmen en afkoelen van de leidingen

In paragraaf 3.4 is een voorbeeld gegeven van de snelheid waarmee geïsoleerde drinkwaterleidingen opwarmen. In dit voorbeeld is uitgegaan van:

- Starttemperatuur drinkwater 15 of 20 °C
- Omgevingstemperatuur 28 °C
- Isolatie dikte 13 mm en een warmtegeleidingscoëfficiënt van 0,038 W/m.K.

Hieruit blijkt voor drinkwaterleidingen met 13 mm isolatie:

- Bij een starttemperatuur van 20 °C warmen alle leidingen binnen drie uur op tot boven 25 °C. Bij de dunste leiding gebeurt dit binnen één uur.
- Bij een starttemperatuur van 15 °C warmen alle leidingen binnen vijf uur op tot boven 25 °C. Bij de dunste leidingen gebeurt dit binnen twee uur.

Deze opwarming kan zich voordoen in uittapleidingen en bij stagnatie in de retourleidingen.

Als regelmatig stagnatie verwacht wordt kan ervoor gekozen worden om dikkere isolatie om de dunnere retourleidingen toe te passen. Zie bijlage 1.

De vraag is nu hoe snel de retourleidingen weer afkoelen.

Voor de afkoeling kan worden uitgegaan van een snelheid van het water in de retourleiding van 0,7 m/s. In een minuut wordt dan ca. 40 meter leiding doorstroomd. De maximale lengte van de retourleiding bepaalt de vereiste tijd om de gehele leiding af te koelen. In de meeste systemen is de maximale lengte minder dan 200 meter, wat overeenkomt met ca. 5 minuten doorstroomtijd.

Nu is er een verschil in afkoelsnelheid tussen circulatiesystemen met koeling in de centrale aanvoer- of de retourleiding:

- In een installatie met koeling in de centrale aanvoer kan de retourleiding snel in temperatuur verlaagd worden. De aanvoer zit na een afname al op de lage temperatuur.
- In een installatie met koeling in de retourleiding kan de retourleiding minder snel in temperatuur verlaagd worden. Eerst moet de (relatief dikke) aanvoerleiding op de lage temperatuur worden gebracht voor de retourleiding zelf afkoelt. Door de grotere diameter van de aanvoerleidingen zal dit langer duren dan bij de retourleidingen.



5.5.3 Overzicht koeling en verversing

Hieronder wordt beschreven op welke manieren deze verschillende wijzen van aansluiting kunnen worden bedreven met oog op verversing en temperatuurbeheersing bij aansluiting op:

- een voorgekoelde (hoofd)leiding met een veelgebruikt tappunt aan het eind (DW).
- een leiding die onderdeel is van een KWC.

Tevens wordt indicatief aangegeven wat de gevolgen voor het watergebruik zijn.

Tabel 5. Koeling en verversing aan de tappunten voor verschillende systemen en aansluitwijzen van tappunten

Aspect	aftakkele leiding met elektronische tapkraan		volledig doorstroomd		via stromingsdeler doorstroomd	
	DW	KWC	DW	KWC	DW	KWC
Toepasbaar	+	+	+		+	0
			Mits de diameter van de hoofdleiding niet te groot is			Vereist voldoende opvoerhoogte
Vereiste voorzieningen	elektronische tapkraan		elektronische tapkraan aan eindpunt hoofdleiding voor koeling	n.v.t.	Stromingsverdeler	Stromingsdeler (beperkt aantal in serie)
Waterverbruik voor koeling	Inhoud gehele systeem wordt gespuid; hoofdleiding warmt langzaam op; uittapleiding warmt sneller op	Inhoud uittapleiding wordt gespuid.		Niet	Inhoud gehele systeem wordt gespuid; afkoeling beperkt dus regelmatige herhaling	
Acties / verbruik voor verversing	Gebruiksafhankelijk of tijdgestuurde en/of temperatuurgestuurde actie		n.v.t. Mits de verversing door normaal gebruik voldoende is		n.v.t.	
Verbruik voor verversing	Inhoud uittapleiding of gehele systeem wordt gespuid	Inhoud uittapleiding wordt gespuid	Niet		Niet, mits het tappunt aan het eind van de leiding voldoende afneemt.	



5.6 Koelvermogen

Het vereiste koelvermogen wordt bepaald door de functie van de koeling in de verschillende systeemvarianten:

- Het koelvermogen dat vereist is voor het koelen van het water aan het leveringspunt.
Dit is van belang in de systeemvarianten koeling aan het leveringspunt en koudwatercirculatiesysteem met koeling aan het leveringspunt.
Het maximaal koelvermogen wordt bepaald door het maximaal tapdebiet (exclusief gebruik dat voor het koudtapwatersysteem wordt afgetakt) en het temperatuurverschil tussen de maximale temperatuur aan het leveringspunt en de instelwaarde van de koelmachine in het koudtapwatersysteem.
Bij dit systeem kan het vereiste koelvermogen sterk variëren en is een goed en snel regelbaar koelsysteem vereist. Dit wordt in de volgende paragraaf uitgewerkt.
- Het koelvermogen dat vereist is om de opwarming van het leidingwater in het gebouw te compenseren.
Dit is van belang in alle systeemvarianten met een koudwatercirculatiesysteem.
Het maximaal koelvermogen wordt bepaald door de lengte en het specifiek warmteverlies van de leidingen, inclusief beugeling en appendages en de verliezen op de plaatsen waar een uittapleiding aftakt, en het temperatuurverschil tussen de maximale gebouwtemperatuur en de gewenste temperatuur in het koudtapwatersysteem.
Bij dit systeem zal het vereiste koelvermogen minder sterk en snel variëren.

Hieronder is voor verschillende diameters en isolatiedikten de U-waarde en de opwarming gegeven voor een drinkwatertemperatuur van 15 °C en een omgevings-/ruimtetemperatuur van 28 °C. Bijlage 5 geeft een voorbeeldberekening van het koelvermogen voor een hotel.

Tabel 6. U-waarde en opwarming (= negatief warmteverlies Pnom) van leidingen

Variant		DN 12	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32
Din	m	0,013	0,016	0,020	0,025	0,032
Duit	m	0,015	0,018	0,022	0,028	0,035
Tw(0)	°C	15				
Tomg	°C	28				
dikte iso	m	0,000				
U	W/m.K	0,471	0,565	0,691	0,880	1,100
Pnom	W/m	-6,1	-7,4	-9,0	-11,4	-14,3
dikte iso	m	0,009				
U	W/m.K	0,234	0,264	0,303	0,361	0,428
Pnom	W/m	-3,0	-3,4	-3,9	-4,7	-5,6
dikte iso	m	0,013				
U	W/m.K	0,200	0,224	0,254	0,299	0,351
Pnom	W/m	-2,6	-2,9	-3,3	-3,9	-4,6
dikte iso	m	0,019				
U	W/m.K	0,170	0,188	0,211	0,245	0,285
Pnom	W/m	-2,2	-2,4	-2,7	-3,2	-3,7

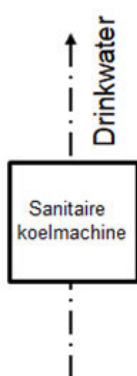


5.7 Koelsystemen

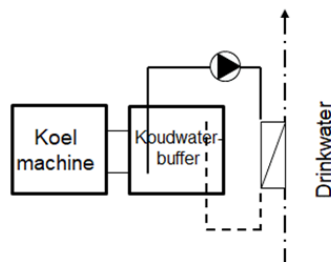
5.7.1 Koelapparatuur

Er zijn verschillende manieren waarop het drinkwater kan worden gekoeld. Hieronder is een overzicht gegeven van de koelapparatuur:

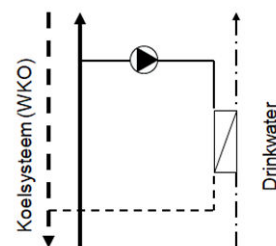
- Directe koeling van het drinkwater met een sanitaire koelmachine (Figuur 20).
Dit vereist een koelmachine die gedimensioneerd is op de grootste volumestroom en vereiste temperatuurverlaging, die over het gehele vermogensbereik regelbaar is.
- Indirecte koeling met een koelmachine via een koudwaterbuffer. (Figuur 21)
Dit vereist een warmtewisselaar die gedimensioneerd is op de grootste volumestroom en vereiste temperatuurverlaging. De koelmachine koelt de koudwaterbuffer die een goed regelbare koudebron is voor de warmtewisselaar. Door de buffer kan een koelmachine met een lager vermogen worden toegepast die over een kleinere vermogensbereik regelbaar is.
Bij buitenopstelling van de koelmachine bevat de koudwaterbuffer een water-glycol mengsel.
- Indirecte koeling met een koelsysteem (WKO) als koudebron (Figuur 22).
Dit vereist een warmtewisselaar die gedimensioneerd is op de grootste volumestroom en vereiste temperatuurverlaging. WKO systemen zijn in de regel op aanzienlijk grotere vermogens uitgelegd dan koudtapwatersystemen en worden op geschikte temperaturen bedreven (aanvoer 8-12 °C, retour 14-18 °C). Het extra koelvermogen is voor het WKO systeem geen probleem. Met een temperatuurgestuurde toerengeregelde pomp aan de bronzijde kan een robuuste regeling worden verzorgd.
In aanvulling hierop kan een by-pass met regelklep worden toegepast, zoals toegepast in “de Rotterdam” (Figuur 25).
- Koudwaterbuffervat met koelmachine in oplaadsysteem (Figuur 23).
Het buffervat wordt middels een oplaadsysteem door de koelmachine gekoeld. Door het buffereffect is een kleiner koelvermogen mogelijk en is een koeler met een kleiner regelbereik mogelijk. De stromingsweerstand van het vat is kleiner dan van een warmtewisselaar.
- Koudwaterbuffervat met oplaadsysteem en een koelsysteem (WKO) als koudebron (Figuur 24).
Het buffervat wordt middels een oplaadsysteem door een koelsysteem gekoeld. Door het buffereffect is een kleinere warmtewisselaar mogelijk. De stromingsweerstand van het vat is kleiner dan van een warmtewisselaar.



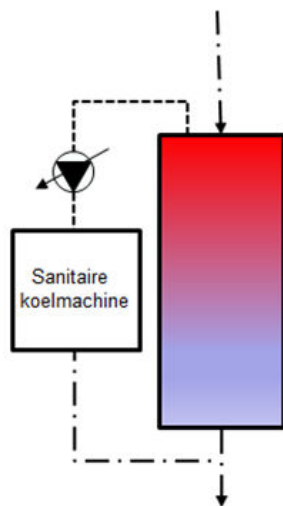
Figuur 20. Directe koeling met een sanitaire koelmachine



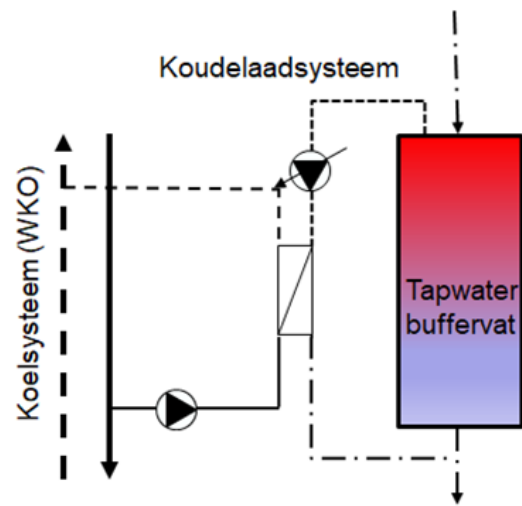
Figuur 21. Indirecte koeling met een koelmachine



Figuur 22. Indirecte koeling met een koelsysteem (WKO) als koudebron

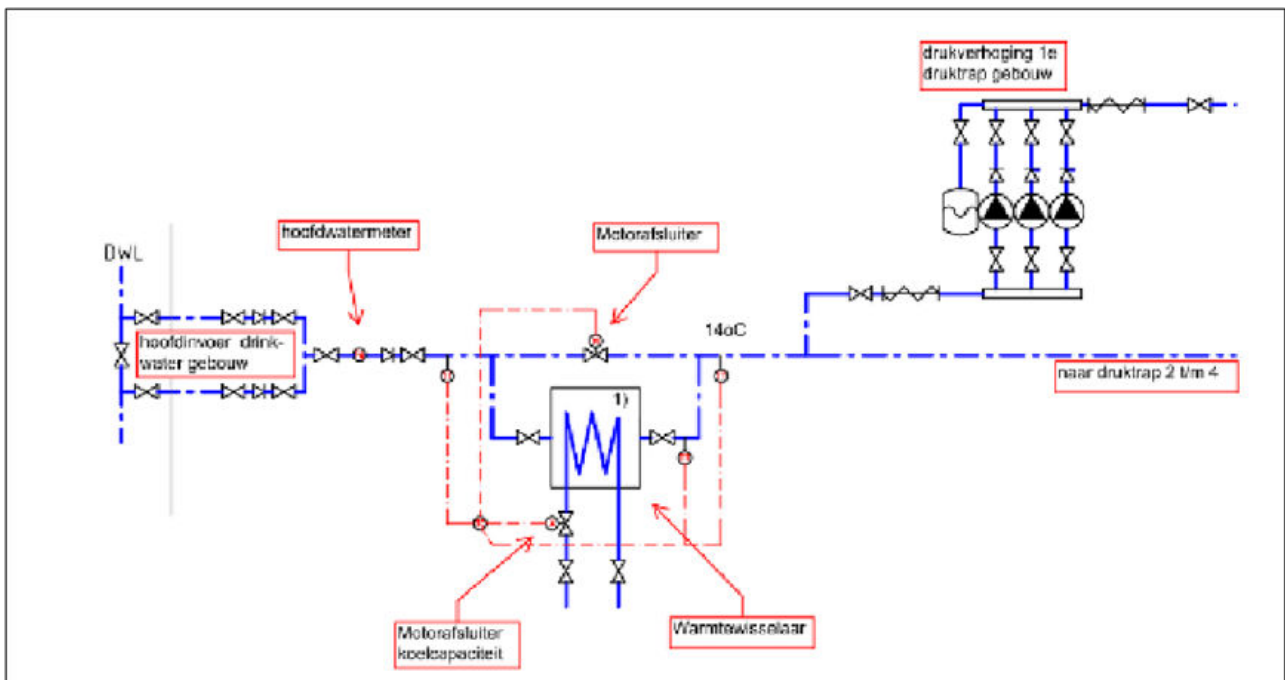


Figuur 23. Koudwaterbuffervat met koelmachine in oplaadsysteem



Figuur 24. Koudwaterbuffervat met oplaadsysteem en een koelsysteem (WKO) als koudebron

In bovenstaande twee figuren is - in afwijking van de conventie – de werkelijk optredende stroomrichting getekend. Dit is gedaan om de essentiële rol van de gelaagdheid in het buffervat te tonen. De aanvoertemperatuur is in een koudtapwatersysteem lager dan de retour.



Figuur 25. Indirecte koeling aan het leveringspunt met een koelsysteem (WKO) als koudebron en by-pass [11]

Koelmachines hebben in de regel een vermogensregeling tussen 30 – 100%. Voor de levensduur van koelmachines is een rustig regelgedrag met een beperkt aantal schakelingen aanbevolen. Bij een sterk wisselende koudevraag kan met directe koeling geen stabiele watertemperatuur worden verzorgd. Directe systemen zonder een vorm van buffering zijn daarom minder geschikt. Koelmachines vereisen een vorm van buffering.



5.7.2 Buffervaten in het drinkwater

Drinkwaterreservoirs zijn niet ongebruikelijk in drinkwaterinstallaties en WB 2.1D (Zie paragraaf 2.3) geeft de regels hiervoor. Indien de koudelevering over het volle vereiste vermogensbereik kan worden geregeld dan is er geen behoefte aan een buffervat. Indien de koudelevering beperkt kan worden teruggeregeld dan is een buffer vereist om een stabiele aanvoertemperatuur te realiseren. Dit kan een (intern) drinkwatervat zijn of een (extern) buffervat in het gekoeld watercircuit.

Ook kan een reservoir worden toegepast om voorziene kortstondige pieken in de tapvraag op te vangen zonder het koelvermogen op de piek te dimensioneren.

Het vereiste vatvolume wordt bepaald door twee overwegingen:

- Het maximaal aantal schakelingen per uur van een koelmachine (een koelmachine wordt bij voorkeur niet te veel aan/uit geschakeld).
- Als de maximale tapvraag groter is dan het vermogen van de koudelevering dient het vatvolume groot genoeg te zijn om de maximaal te verwachte tapvraag en tapduur op te kunnen vangen, in combinatie met het thermisch vermogen van de ingeschakelde koudelevering.

Voor het maximum volume van een drinkwaterreservoir geldt de richtlijn van 50-100% van het gemiddelde etmaalverbruik (WB 2.1D).

2. Algemeen

Bij plaatsing van een reservoir moet de inhoud zijn afgestemd op de aanvoermogelijkheden en het verbruik. Argumenten voor het plaatsen van een (drink)waterreservoir kunnen zijn:

- Onderbreking van de leidingwaterinstallatie ter voorkoming van verontreiniging van het leidingnet van een drinkwaterbedrijf;*
- Voorraadvorming ter voorkoming van problemen door stagnatie van de toevoer. De grootte van deze voorraad wordt vastgesteld aan de hand van de aard van de installatie en de eisen van de gebruiker. Als richtlijn kan een voorraad van 50 tot 100 % van het gemiddelde etmaalverbruik worden aangehouden;*
- Afvlakking van de volumestroom. Deze wordt toegepast indien de maximale volumestroom niet kan worden geleverd of wanneer de beschikbaar gestelde volumestroom gerelateerd is aan het tarievenstelsel van de waterlevering.*

Citaat uit WB 2.1D

Overigens wordt in de Duitse Leitfaden een drinkwatervoorraad afgewezen.

Anmerkung: Ist eine Speicherung von Energie vorgesehen, darf diese nicht im Trinkwasser erfolgen. Die Energiespeicherung hat auf der Kälteerzeugungsseite (z. B. mittels Pufferspeicher) getrennt vom Trinkwasser zu erfolgen.

Citaat uit de Leitfaden [6, par 6.1.2.1].

Indien een drinkwatervat een zinvolle optie is dient wellicht beheer en onderhoud (watermonsters) te worden gepleegd.

5.7.3 Enkel- of dubbelwandige scheiding

Voor de keuze tussen een enkele of dubbele scheiding tussen het drinkwater en de koudebron gelden primair de regels van WB 3.8.

WB 4.4.B geeft voor de verwarming van warmtapwater een grenswaarde van 45 kW maar gezien de verschillende koudemiddelen is het niet voor de hand liggend om dit blindelings toe te passen op koeling.



- *Enkele en dubbele scheiding*

Enkele scheiding

Bij een enkele scheiding is het drinkwater door één wand gescheiden van een andere vloeistof. De andere zijde is in contact met een andere vloeistof dan drinkwater. Een enkele scheiding beveiligt tegen zowel vloeistofklasse 1, 2 als 3.

Dubbele scheiding Bij een dubbele scheiding zijn het drinkwaterdeel en de andere vloeistof permanent gescheiden door een neutrale zone. De neutrale zone kan een vloeistof bevatten van klasse 1, 2 of 3, dan wel een gas of inert poreus materiaal. Een dubbele scheiding beveiligt zowel tegen vloeistofklasse 1, 2, 3, 4 als 5.

Voor nadere informatie over enkele en dubbele scheiding, zie WB 4.4 B, BRL-K656 en v.w.b. het tussenmedium de opmerking bij 3.6.

Vloeistofklasse 3

Vloeibare stof die in enige mate de menselijke gezondheid acuut kan schaden ten gevolge van de aanwezigheid van één of meerdere toxische of zeer toxische substanties met een LD 50 > 200 mg/kg lichaamsgewicht.

LD50 betekent: Lethale Dosis 50%. Met de LD50 waarde wordt op basis van de OECD 423 testmethode berekend welke dosis (in mg/kg lichaamsgewicht) van een stof, mengsel of oplossing, uitgaande van één orale inname en binnen maximaal 15 dagen (de vereiste termijn in verband met mogelijk vertraagde effecten), dodelijk is voor minimaal 50 uit een groep van 100 behandelde dieren (ratten of konijnen);

- *Vloeistofklasse 4*

*Vloeibare stof die acuut gevaar oplevert voor de menselijke gezondheid ten gevolge van de aanwezigheid van een of meerdere toxische of zeer toxische substantie met een LD 50 ≤ 200 mg/kg, of ten gevolge van carcinogenen, mutagenen, reprotoxische * bestanddelen;*

- *Vloeistofklasse 5*

Vloeibare stof die gevaar oplevert voor de menselijke gezondheid ten gevolge van de aanwezigheid van pathogene bacteriën of virussen.

Citaten uit WB 3.8

9. Beveiliging tegen verontreiniging door vreemde stoffen bij warmtapwatertoestellen met indirecte verwarming (warmtewisselaars) in huishoudelijke installaties en in collectieve installaties waarbij het (gezamenlijk opgesteld) nominaal vermogen van de CV-ketel(s) 1 45 kW is Bij een installatie, waar het primair medium water van de centrale verwarmingsinstallatie is, mag (mogen) de warmtewisselaar(s) ten behoeve van de warmtapwatervoorziening (apart opgesteld of in een combiketel) zijn uitgevoerd met een enkele scheidingswand, mits:

- 1. het (gezamenlijk opgesteld) nominaal vermogen van de cv-ketel(s)1 kleiner of gelijk is aan 45 kW;*
- 2. de warmtewisselaar(s) voldoe(t)(n) aan de eisen zoals gesteld in de Kiwa BRL-K656;*
- 3. de centrale verwarmingsinstallatie aan de primaire zijde uitsluitend is gevuld met drinkwater of een voor het doel geëigende vloeistof, waarop een, op basis van de Regeling materialen en chemicaliën drink- en warm tapwatervoorziening, door de Minister van I&W erkende kwaliteitsverklaring is afgegeven. Er mogen dus GEEN andere chemicaliën of stoffen aan worden toegevoegd.*

Indien niet of niet geheel aan het bovenstaande wordt voldaan, moet een warmtewisselaar met een dubbele scheidingswand worden toegepast.

Opmerking: Er dient rekening mee gehouden te worden dat leveranciers van deze toestellen vulling van de installatie met een ander medium dan uitsluitend drinkwater veelal niet toestaan.



10. Beveiliging tegen verontreiniging door vreemde stoffen bij warmtapwatertoestellen met indirecte verwarming (warmtewisselaars) in collectieve installaties waarbij het (gezamenlijk opgesteld) nominaal vermogen van de energiebronnen $1 > 45 \text{ kW}$ is

10.1 Indien het primaire medium wordt verwarmd door een cv-installatie in een collectieve installatie met een (gezamenlijk opgesteld) nominaal vermogen groter dan 45 kW^1 , dan moet(en) de warmtewisselaar(s) ten behoeve van de warmtapwatervoorziening (apart opgesteld of in een combiketel) zijn uitgevoerd met een dubbele scheidingswand *. Tevens moet(en) de warmtewisselaar(s) voldoen aan de eisen die gelden voor warmtewisselaars met dubbele scheidingswand zoals gesteld in de Kiwa BRL-K656.

* Ketels met een vermogen $> 45 \text{ kW}$ die niet zijn gekoppeld aan de CV-installatie en alleen zijn bedoeld voor warmtapwater kunnen worden uitgevoerd met een warmtewisselaar met een enkele scheidingswand. (toelichtende figuur is hier weggelaten)

10.2 Het tussenmedium mag niet toxisch zijn. Indien hiervoor een vloeistof wordt gebruikt, dan is drinkwater of een voor het doel geëigende vloeistof toegestaan. Bij een enkele scheiding is het drinkwater door één wand gescheiden van een andere vloeistof. De andere zijde is in contact met een andere vloeistof dan drinkwater. Een enkele scheiding beveiligt tegen zowel vloeistofklasse 1, 2 als 3. Bij een dubbele scheiding zijn het drinkwaterdeel en de andere vloeistof permanent gescheiden door een neutrale zone. De neutrale zone kan een vloeistof bevatten van klasse 1, 2 of 3, dan wel een gas of inert poreus materiaal. Een dubbele scheiding beveiligt zowel tegen vloeistofklasse 1, 2, 3, 4 als 5. Zie WB 3.8.

10.3 De druk van het tussenmedium tussen de twee scheidingswanden mag ter plaatse van het warmtapwatertoestel maximaal 100 kPa bedragen.

Ter beveiliging tegen een te hoge druk van het tussenmedium moet een voorziening worden aangebracht

¹ Nominaal vermogen van de cv-ketel(s) geldt t.b.v. ruimteverwarming, zie de definitie in 2. Gezamenlijk opgesteld nominaal vermogen betreft al het vermogen t.b.v. indirecte verwarming. (warmte pompen, zonneboiler, stadsverwarming ect)

Citaten uit WB 4.4B

5.8 Voorraad en doorstroming / verversing

Bij koudwatersystemen zonder circulatie is de doorstroming en verversing gelijk aan die van een gewone drinkwaterinstallatie.

Bij een circulatiesysteem is het de vraag of bij (uiteenlopend) gewoon gebruik voldoende verversing van het drinkwater in alle leidingen optreedt.

Volgens NEN 1006 dienen “de leidingen éénmaal per week verversst c.q. gebruikt worden in verband met de organoleptische aspecten (geur, kleur en smaak).”

Bij een circulatiesysteem treedt bij iedere afname menging op van het vers toegevoerd water met circulerend water. Hierdoor treedt een geleidelijke verdunning op van het “oudere” water. De vraag is nu of dit voldoende is of dat een (wekelijks) regime van geforceerde spuiacties vereist is.

Bestaande situaties waarbij deze vraag ook speelt zijn:

- Drinkwaterreservoirs

In drinkwaterreservoirs treedt geen nette propstroming op maar geleidelijke verdunning van het “oudere” water. Dit is in NEN 1006 en de waterwerkbladen geen probleem. De waterwerkbladen stellen geen harde beperking aan de omvang van de voorraad ten opzichte van het dagverbruik maar slechts een richtlijn:

“De grootte van deze voorraad wordt vastgesteld aan de hand van de aard van de installatie en de eisen van de gebruiker. Als richtlijn kan een voorraad van 50 tot 100 % van het gemiddelde etmaalverbruik worden aangehouden.”



- Ringleidingsystemen
Het waterwerkblad stelt:
“Ringleidingsystemen zijn systemen waarbij tappunten van twee kanten gevoed kunnen worden, waarbij geen sprake is van geforceerde doorstroming (bijvoorbeeld pomp). De goede kwaliteit van het water kan moeilijk worden gegarandeerd i.v.m. pendelwerking van het water. Daarom moeten deze systemen zoveel mogelijk worden voorkomen. Indien toch ringleidingsystemen worden toegepast, moeten maatregelen worden getroffen opdat de gehele inhoud van deze systemen tenminste wekelijks wordt verversd. Om dit te bereiken moeten de aftakkingen zodanig zijn uitgevoerd dat de doorstroming en verversing van het water in het ringleidingsstelsel is gewaarborgd.”
Opvallend is dat hier een passieve maatregel voldoende lijkt.
- Boiler met warmtapwatercirculatiesysteem.

Naar analogie met een drinkwaterreservoir zou een circulerend leidingsstelsel voldoende verversd worden als het dagverbruik een factor 2 of hoger is dan het volume van het leidingsstelsel plus de inhoud van het eventuele voorraadvat. Voor circulatiesystemen zonder voorraadvat wordt aan deze eis voldaan. Een voorwaarde hierbij is een continue circulatie over alle deelringen.

Bijlage 4 bevat een voorbeeldberekening aan een appartement met verticale drinkwaterleidingen. Het volume hiervan bedraagt maximaal ca 4 lt; een fractie van het dagverbruik per persoon van 125 lt. Ook als in verschillende appartementen langere tijd afwezig zijn zal de verversing nog ruim voldoende zijn; juist door het circulatiesysteem.

5.9 Vloeistofklasse

In WB 3.8, paragraaf 3.6, is ondubbelzinnig vastgelegd dat water dat een “... verandering mag hebben ondergaan voor wat betreft smaak, geur, kleur of temperatuur (verwarming of koeling)” in vloeistofklasse 2 is ingedeeld. Op basis hiervan zou gekoeld drinkwater in klasse 2 moeten worden ingedeeld.

3.6 Vloeistofklassen

De classificatie van een vloeistof die in contact staat of kan komen te staan met drinkwater speelt een belangrijke rol bij de bepaling van het verontreinigingsrisico.

Het gaat hierbij om de aard van de verontreiniging. Zie ook bijlage 1: “Indeling vloeistoffen” en bijlage 3: “Gevaren etikettering”.

De volgende 5 vloeistofklassen worden hierbij onderscheiden:

- *Vloeistofklasse 1*
Water bedoeld voor menselijke consumptie, afkomstig van een drinkwater distributiesysteem;
- *Vloeistofklasse 2*
Vloeibare stof, welke geen schade voor de menselijke gezondheid oplevert.
Vloeibare stof waarvan is vastgesteld dat ze geschikt is voor menselijke consumptie, inclusief water, verkregen uit een drinkwater distributiesysteem, en wat een verandering mag hebben ondergaan voor wat betreft smaak, geur, kleur of temperatuur (verwarming of koeling);
- ...

Citaat uit WB 3.8 - selectie van de tekst m.b.t. vloeistofklasse 1 en 2



Pagina 28 van 32	WATERWERKBLAD	WB 3.8
Bijlage 1 Indeling vloeistofklassen		
1	Water voor menselijke consumptie	vloeistofklasse
1.1	Drinkwater	1
1.2	Drinkwater onder verhoogde druk	1
1.3	Stagnerend water ¹	2
1.4	Gekoeld water	2
1.5	Warm tapwater	2
1.6	Water/stoom (voor bereiding van voedsel, zonder additieven)	2
1.7	Behandeld water ^{2,3}	2
2	Water met additieven of in contact met vloeistoffen of vaste stoffen andere dan genoemd onder 1	vloeistofklasse

² Behandeld water in drinkwaterinstallaties, nog steeds bestemd voor consumptie

³ Behandeld water verkregen door ionenwisseling/ontharding met automatische regeneratie d.m.v. zoutoplossing (= vloeistofklasse 3) worden aangesloten volgens het beoordelingsrapport ionenwisseling met automatische regeneratie

Citaat uit WB 3.8 - Vloeistofklasse 1 en 2 – water voor menselijke consumptie

De indeling van gekoeld drinkwater in klasse 1 of 2 is relevant als het gaat om de beveiliging. Is rechtstreeks aansluiten toegestaan of is plaatsing van een terugstroombeveiliging (geschikt voor minimaal vloeistofklasse 2) noodzakelijk.

Daarnaast blijkt er een verschil in beleving te zijn tussen vloeistofklasse 1 en 2 wat wordt veroorzaakt door de gebruikte terminologie.

In de hoofdtekst van WB 3.8 zit een verschil tussen “bedoeld voor menselijke consumptie” en “vloeibare stof, welke geen schade voor de menselijke gezondheid oplevert”.

Dat laatste klinkt niet als een aanbeveling voor dagelijks gebruik.

Ook de term “vloeibare stof” in combinatie met “inclusief water” maakt het niet beter. Dat suggereert dat hier ook geheel andere vloeistoffen onder vallen.

En het klinkt ook anders dan de, in een bijlage verscholen, tabel met als kop “Water voor menselijke consumptie”, waar zowel klasse 1 als 2 onder verzameld zijn.

Misschien kan de gebruikte terminologie bij gelegenheid worden geharmoniseerd.

Het is de vraag wat de achterliggende reden is voor deze klasse-indeling.

Bij voldoende verversing, gebruik van goedgekeurde materialen en componenten en realisatie van een drinkwatertemperatuur ruim onder 25 °C mag worden gesteld dat het drinkwater in een koudtapwatersysteem juist aan de eisen van vloeistofklasse 1 voldoet. De koeling zorgt er namelijk voor dat het drinkwater aan de temperatureis voldoet. In die zin scoort het beter dan wanneer het vrijelijk opwarmt in een gebouw.

Wellicht is indertijd de overweging geweest dat alle vormen van actieve behandeling tot klasse 2 leiden. Maar daarbij is over het hoofd gezien dat bij verwarming tot ca. 60 °C de waterkwaliteit wezenlijk verandert, o.a. door een veranderde interactie met leidingmateriaal. Terwijl bij koeling de waterkwaliteit juist op het gewenste niveau gebracht wordt.



In dit verband is de waardering van andere “conserverende” vormen van waterbehandeling van belang:

- UV, microfiltratie en omgekeerde osmose vloeistofklasse 2
- drukverhoging – hydrofoor vloeistofklasse 1

Bij een eventuele aanpassing van de indeling in vloeistofklassen zijn twee andere aandachtspunten wellicht van belang:

- Onderscheid tussen koudtapwatersystemen zonder of met circulatie.
Hoe verhoudt zich de waardering van koeling met circulatie tot andere systemen waarin circulatie of zelfs een onbepaalde stroom richting kan optreden, zoals een ringleidingsysteem.
- Onderscheid tussen koudtapwatersystemen zonder of met een buffervat.
Hoe verhoudt zich de waardering van koudtapwatersystemen met een buffervat zich tot andere systemen met een watervoorraad, zoals een drinkwaterreservoir of schakelvaten in hydrofoorinstallaties

5.10 Overige aandachtspunten

5.10.1 Invloed van zogenaamde hotspots op de leidingwand- en watertemperatuur

Hotspots is een verzamelnaam voor lokale bronnen van opwarming met verschillende mogelijke oorzaken. Als de leidingen van koudtapwatersystemen geïsoleerd zijn zal de invloed van hot-spots geminimaliseerd worden.

In koudtapwatersystemen zonder circulatie (en zonder isolatie) kan opwarming optreden op dezelfde wijze waarop het in alle leidingsystemen kan optreden.

In koudtapwatercirculatiesystemen kan geen lokale opwarming van het water optreden door de permanente circulatie. Ook de leidingwand wordt hierdoor permanent gekoeld. Verder zullen dergelijke systemen bij een goed ontwerp van isolatie voorzien zijn.

5.10.2 Eventuele opwarming door circulatiepomp

De warmteafgifte door een circulatiepomp is relatief gering en vergelijkbaar met de warmteafgifte van een hydrofoor. Anders dan bij een hydrofoor wordt het water hier permanent rondgepompt, waardoor de warmte tot een marginale temperatuurstijging in het circuit leidt.

Als regelmatig stagnatie optreedt zal de warmte van een doordraaiende pomp tijdelijk tot een temperatuurverhoging leiden. Ook uit dit oogpunt is stagnatie ongewenst.

5.10.3 Risico door rondpompen van Legionella (als dat toch optreedt)

Als Legionella (en biofilm) zich in een installatie nestelt kan het zich met de stroom mee verspreiden. Zo bezien vergroot een circulatiesysteem het risico op verspreiding van Legionella.

In een installatie zonder circulatie staat het drinkwater het grootste deel van de tijd stil. Maar ook dan kan Legionella (en biofilm) zich, weliswaar langzaam, in alle richtingen verspreiden. Circulatie versnelt dit wellicht maar levert geen wezenlijk nieuw besmettingsroute op.

Daar staat tegenover dat door de lagere temperatuur het groeipotentieel voor Legionella (en biofilm) aanzienlijk kleiner is.

In koudtapwatersystemen zonder circulatie is dit niet aan de orde.

5.10.4 Afgifte van stoffen door het leidingmateriaal

Hieronder wordt eerst ingegaan op de mechanismen en factoren die een rol spelen bij afgifte van stoffen door het leidingmateriaal, waarbij een onderscheid wordt gemaakt tussen kunststoffen en koper (metalen). Vervolgens wordt aangegeven welke invloed dit heeft op de verschillende koudtapwater(circulatie) systemen



Kunststof leidingen

Kunststof leidingen bestaan uit thermoplasten, synthetische polymeren. De meest toegepaste kunststof leidingen zijn cross-linked polyethyleen (PE-X), raised-temperature polyethyleen (PE-RT) en niet-geplastificeerd polyvinylchloride (PVC-U). Fittingen zijn vaak gemaakt van polybutyleen (PB) en polypropyleen (PP). [23]

Aan deze polymeren zijn verschillende stoffen toegevoegd. Deze additieven zijn voornamelijk stabilisatoren, weekmakers en pigmenten.

Stabilisatoren bevatten antioxidanten die het materiaal een groter temperatuurbereik geven [24].

Weekmakers, zoals ftalaten¹, worden toegevoegd om de flexibiliteit te vergroten. Deze moleculen zijn bij kamertemperatuur voornamelijk vloeibaar en beperkt vluchtig. In vergelijking met polymeren zijn weekmakers klein. Daardoor kunnen ze bewegen tussen de lange polymeerketens (aangeduid als interstitiële beweging) waardoor het materiaal flexibeler wordt. Deze beweging gebeurt in alle richtingen, dus ook naar de binnen- en buitenkant van de buis, wat wordt aangeduid als migratie en/of uitloging. Daardoor verdwijnt na verloop van tijd een deel van de weekmakers in het drinkwater. Daaraan zijn twee nadelen verbonden:

- De eigenschappen van de kunststof worden nadelig beïnvloed (verminderde flexibiliteit, verbrossing)
- De weekmakers komen aan de binnenzijde van de leiding beschikbaar als voedingsbron voor biofilm en/of kunnen in het drinkwater terechtkomen.

Bij kunststoffen komt fysische veroudering voor, door migratie en/of uitloging van bovengenoemde additieven. Het verdwijnen van deze additieven leidt tot een verandering in materiaaleigenschappen. De snelheid waarmee fysische veroudering plaatsvindt is hoger voor een hogere gebruikstemperatuur. Dit komt tot uiting in beproeving volgens ISO 9080:2012 [25] en de kwalificatie volgens ISO 10508 [26]. Het “temperatuurprofiel klasse 2” illustreert deze temperatuurgevoeligheid.

De stoffen die uit het leidingmateriaal in het drinkwater belanden zijn dus niet de polymeren maar vooral de additieven, waaronder de weekmakers [27]. En het zijn deze stoffen die onder andere biofilmvorming bevorderen omdat ze koolwaterstoffen toevoegen aan het inwendige buisoppervlak en het drinkwater. De snelheid waarmee de migratie gebeurt is vooral afhankelijk van de temperatuur. En deze snelheid is bij drinkwater laag in vergelijking met hetzelfde buismateriaal voor warmtapwater. Voor gekoeld drinkwater zal deze migratie lager zijn dan voor ongekoeld drinkwater; of hiervan kwantitatieve gegevens beschikbaar zijn is onbekend.

¹zijn esters of zouten van ftaalzuur (1,2-benzeendicarbonzuur) en diverse alcoholen, zoals bis(2-ethylhexyl)ftalaat (DEHP, of triviaal DOP), dibutylftalaat (DBP) en benzybutylftalaat (BBP)



Bij koud- en warmwaterleidingen moet je voor een gekeurd systeem kiezen. De buizen en fittingen zijn dan samen als systeem gekeurd. Warm wil zeggen: een temperatuur van 70 °C continu gedurende lange tijd (50 jaar).

Het systeem moet voldoen aan een temperatuurprofiel (klasse 2 van ISO 10508).

Dit profiel gaat uit van een warmwatertoevoer van 70 °C continu (de ontwerptemperatuur) gedurende 50 jaar en is typisch voor een warm drinkwatersysteem binnenshuis.

Naast de ontwerp- of gebruikstemperatuur is er in het temperatuurprofiel ook rekening gehouden met eventuele storingen en overschrijdingen van de ontwerptemperatuur gedurende de levensduur. De totale tijdsduur van deze storingen en overschrijdingen is ook in het temperatuurprofiel aangegeven. De profielen zijn gebaseerd op uit de praktijk verzamelde informatie.

Tabel 3.01 Temperatuurprofiel klasse 2

Temperatuur		Tijd	Betekenis
Gebruikstemperatuur	70 °C	49 jaar	De maximale temperatuur bij normaal gebruik gedurende een aantal langere periodes in 50 jaar. Deze langere periodes zijn samen minimaal 49 jaar.
Maximale temperatuur	80 °C	1 jaar	De maximale temperatuur gedurende een aantal korte periodes in 50 jaar. Deze korte periodes mogen samen niet langer zijn dan 1 jaar.
Storingstemperatuur	95 °C	100 uur	De maximale toelaatbare temperatuur gedurende een aantal korte periodes in 50 jaar. Deze korte periodes mogen samen niet langer zijn dan 100 uur. Bij deze temperatuur is de kans op uitvallen van de installatie groot.

LET OP: Het bovenstaande temperatuurprofiel geeft aan dat je het leidingensysteem mag toepassen bij maximaal 70 °C gedurende 50 jaar en dat de andere temperaturen veiligheidsniveaus zijn die in het ontwerp van het leidingensysteem meegenomen moet worden. Je mag deze temperaturen niet tijdelijk instellen om bijvoorbeeld het leidingensysteem te desinfecteren!

(integrale tekst uit ISSO Instructieboek MKLS, par. 3.2.1 [28])

Koperen leidingen

Volgens het Drinkwaterbesluit mag de concentratie koper in het drinkwater maximaal 2,0 mg/l bedragen. In grond- en oppervlaktewater komen slechts minieme concentraties koper voor. Het kopergehalte in drinkwater komt dan ook voornamelijk uit dienstleidingen en de drinkwaterinstallaties.

Volgens Drinkwaterbedrijf Dunea [29] is de totale gemiddelde dagelijkse inname van koper in Nederland 1 tot 1,2 mg/dag waarbij minder dan 0,1 tot 1 mg/dag uit drinkwater komt.

In koperen leidingen is er wel sprake van corrosie, dit in tegenstelling tot kunststof leidingen. Deze corrosie ontstaat doordat het opgeloste zuurstof in het drinkwater een chemische reactie aangaat met de koperionen. Hoge mate van koper corrosie is meestal het gevolg van langdurige stilstand. Bij het consumeren van een hoge dosis koper kan misselijkheid, braken, diarree en hoofdpijn voorkomen. Het overtollige koper wordt binnen enkele dagen uit het lichaam verwijderd.

De kopercorrosie vindt voornamelijk plaats bij nieuwe leidingen. Zodra zich na enkele weken een oxidatie laag heeft gevormd aan de binnenzijde van de buis stopt dit.

Ook bij koperen leidingen geldt het natuurkundige proces dat bij een hogere temperatuur de migratie/uitloging sneller plaatsvindt dan bij lagere temperatuur. Daardoor zullen bij een circulatiesysteem met koudwater de waarden per definitie lager zijn dan bij een warmtapwatercirculatiesysteem.



Invloed uitloging op verschillende koudtapwater(circulatie)systemen

De vraag is nu of in verschillende koudtapwater(circulatie)systemen een hogere concentratie aan stoffen uit het leidingmateriaal zal optreden dan in gewone drinkwatersystemen.

Voor koudtapwatersystemen zonder circulatie zal de concentratie gelijk of lager zijn dan in gewone drinkwatersystemen. Het systeem is gelijk maar door de lagere temperatuur zal de uitloging lager zijn.

Voor koudtapwatersystemen met circulatie zien we twee factoren die in verschillende richtingen werken.

- Door de lagere temperatuur zal de uitloging lager zijn.
- Door het toevoegen van retourleidingen zal het inwendig buisoppervlak en water volume toenemen. De uitloging treedt over het inwendig buisoppervlak op dus een vergroting van het buisoppervlak vergroot de hoeveelheid afgegeven stoffen. Omdat tevens het volume toeneemt zal de concentratie niet wezenlijk veranderen zolang de verversing aan de eisen voldoet.

Voor zowel koper als kunststoffen zal dit geen wezenlijke verschillen opleveren ten opzichte van de situatie zonder circulatie.

Merk hierbij op dat drinkwater al enige koolwaterstoffen bevat (AOC - assimileerbare organische koolwaterstoffen) waarbij de concentratie vooral afhankelijk is van de herkomst van het drinkwater.

5.10.5 Mogelijke schade aan leidingen e.d. door rondpompen.

Hierbij kan worden aangesloten bij de bepalingen in WB 4.4A [2].

- De maximale snelheid in een circulatiesysteem bij geen afname bedraagt 0,7 m/s.
- De maximale snelheid tijdens afname (in de aanvoerleidingen) bedraagt 1,5 – 2 m/s.

Bij het leidingontwerp moet aan de volgende voorwaarden worden voldaan:

1. de snelheid van het water in de leiding moet, in verband met o.a. geluid, kleiner of gelijk zijn aan 2,0 m/s. Voor die situaties waarbij geluidsoverlast beperkt moet worden, wordt een stroomsnelheid kleiner dan 1,5 m/s aanbevolen, zie ook NTR 5076.

De stroomsnelheid in warmtapwatercirculatieleidingen mag bij geen afname maximaal 0,7 m/s bedragen. Dit ter voorkoming van geluidsoverlast, besparen van pompenergie en verhinderen van het optreden van erosie-corrosie.

Citaat uit WB 4.4A

5.11 Ontwerpmethode

Voor het ontwerp van een koudwatersysteem zonder circulatie volstaat de bestaande ontwerpmethode voor de dimensionering van de leidingen.

Voor het ontwerp van een KWC kan voor de dimensionering van de aanvoerleidingen de bestaande ontwerpmethode voor drinkwaterinstallaties worden toegepast.

Voor het ontwerp van de retourleidingen kan globaal dezelfde aanpak worden gevolgd als voor een warmtapwatercirculatiesysteem. Dat geldt eveneens voor het bepalen voor de inregeling van deelringen.

Een instelwaarde onder 20 °C biedt enige ruimte voor de (in)regeling van een KWC, omdat ook bij een retourtemperatuur die incidenteel tussen 20 en 25 °C kan zijn aan de eisen van NEN 1006 wordt voldaan.

5.12 Monitoring / storingsmelding / rapportage

Voor koeling aan het leveringspunt kan worden volstaan met:

- Temperatuurmeting, -registratie en bewaking
- Regeling van de koeling
- Regeling driewegklep (indien een by-pass aanwezig is)



Voor de bediening, regeling, monitoring, storingsmelding en rapportage van een koudtapwatercirculatiesysteem kan globaal dezelfde aanpak worden gevolgd als voor een warmtapwatercirculatiesysteem. Dit betreft onder andere:

- Regeling / monitoring circulatiepomp;
- Regeling van de koeling;
- Temperatuurmeting, -registratie en bewaking.

De pomp of koeling hoeft maar kort uit te vallen, of de temperatuur van het water wordt te hoog. Hier dient dus een goede signalering op te zitten.



HOOFDSTUK 6 - NORMEN EN RICHTLIJNEN

NEN 1006 geeft momenteel geen regels voor koeling van drinkwater.

De NEN 1006 commissie heeft naar verluidt geen ambitie dit aan te passen omdat men zich beperkt tot het uitwerken voor de Nederlandse situatie van EN 806. En die voorziet nog niet in koeling van drinkwater.

In het verlengde hiervan is er tot nu toe geen ambitie om een Waterwerkblad voor koudtapwatersystemen op te stellen. Hoewel NEN 1006 daarvoor wel een aanknopingspunt biedt, namelijk als uitwerking van de 25 °C bepaling.

De vraag is nu of NEN 1006 momenteel bepalingen bevat die koudtapwatersystemen belemmeren of verhinderen. Uit het vooronderzoek zijn geen wezenlijke belemmeringen naar voren gekomen. Het is gewenst dat de NEN 1006 commissie zich hierover uitspreekt om onduidelijkheid te voorkomen.

In deze situatie is het opstellen van een ISSO richtlijn voor koudtapwatersystemen de meest voor de hand liggende volgende stap.



HOOFDSTUK 7 - CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

7.1 Conclusies

De conclusies zijn:

- Ongewenste opwarming van drinkwater kan optreden in het distributienet voor het leveringspunt en/of in (delen) van een gebouw.
- Bestaande bouwkundige en installatietechnische maatregelen tegen drinkwatertemperaturen boven 25 °C zijn niet altijd afdoende of kenmerken zich door een hoog waterverbruik ten gevolge van spuien.
- Koudtapwatersystemen met actieve koeling bieden hiervoor een goed alternatief.
- De belangrijkste systeemvarianten zijn:
 - o Temperatuurverlaging door koeling aan het leveringspunt zonder circulatie.
Dit kan van toepassing zijn als het drinkwater aan het leveringspunt een deel van het jaar een te hoge temperatuur heeft, terwijl in het gebouw niet of nauwelijks opwarming tot boven 25 °C zal optreden.
Dit systeem kan worden gecombineerd met een spuisysteem.
 - o Temperatuurverlaging door koeling met circulatie met één of meer deelringen (koudtapwatercirculatiesysteem).
Dit kan van toepassing zijn bij opwarming in de drinkwaterinstallaties in (delen van) het gebouw en kan worden toegepast op de gehele installatie of op een of meer delen ervan. Een koudtapwatercirculatiesysteem (KWC) kan zijn uitgevoerd met koeling in de retour- of de aanvoerleiding.

Beide vormen van opwarming kunnen gelijktijdig optreden. Dan is zowel koeling aan het leveringspunt als koeling met circulatie vereist. Dit kan gescheiden en gecombineerd worden uitgevoerd.

- Volumestromen en temperatuurregeling in een circulatiesysteem
In een KWC zijn verschillende combinaties van pompregeling en inregelventielen mogelijk. Bij de meeste systemen kan bij grote afname stagnatie en in deelringen terugstroming optreden. Als stagnatie en terugstroming niet gewenst is dienen een circulatiepomp met variabel toerental met constante volumestroom en statische inregelafsluiters te worden toegepast.
- Koeling en verversing aan de tappunten kan op verschillende manieren worden gerealiseerd, namelijk
 - o aftakkele leiding met elektronische tapkraan
 - o volledig doorstroomde aansluiting
 - o via een stromingsdeler volgens het venturi-principe doorstroomd aangesloten tappunt.
 - o via een statische stromingsdeler doorstroomd aangesloten tappunt.
- Koelsystemen
Hiervoor zijn uiteenlopende mogelijkheden, waarbij de koeling geleverd wordt door een koelmachine of WKO.
Wanneer koeling over een groot momentaan vermogensbereik moet worden geregeld zijn buffers vereist, tenzij een WKO als koudebron wordt gebruikt.
- Voor de keuze tussen een enkele of dubbele scheiding tussen het drinkwater en de koudebron gelden primair de regels van WB 3.8.
- Bij koudwatersystemen zonder circulatie is de doorstroming en verversing gelijk aan die van een gewone drinkwaterinstallatie.
Voor circulatiesystemen zonder voorraadvat wordt aan de eis van verversing voldaan. Een voorwaarde hierbij is een continue circulatie over alle deelringen.
- Gekoeld drinkwater is volgens de huidige regels in vloeistofklasse 2 ingedeeld.
- Voor het ontwerp van een koudwatersysteem zonder circulatie volstaat de bestaande ontwerpmethodede.
- Voor het ontwerp van een KWC kan voor de dimensionering van de aanvoerleidingen de bestaande ontwerpmethodede voor drinkwaterinstallaties worden toegepast. Voor het ontwerp van de retourleidingen kan globaal dezelfde aanpak worden gevolgd als voor een warmtapwatercirculatiesysteem. Dat geldt eveneens voor het bepalen voor de inregeling van deelringen.



- Voor monitoring, storingsmelding en rapportage bij koeling aan het leveringspunt kan worden volstaan met: temperatuurmeting, -registratie en bewaking, regeling van de koeling, regeling driewegklep (indien een by-pass aanwezig is).

Voor de bediening, regeling, monitoring, storingsmelding en rapportage van een koudtapwatercirculatiesysteem kan globaal dezelfde aanpak worden gevolgd als voor een warmtapwatercirculatiesysteem.

7.2 Aanbevelingen

De aanbevelingen zijn:

- Resultaten presenteren en bespreken aan TVVL-leden en andere geïnteresseerden.
- Afstemmen met NEN 1006, met name voor de volgende onderdelen:
 - o Waterkwaliteit – vloeistofklasse 1 of 2
 - o Enkel- of dubbelwandige scheiding in warmtewisselaars
- Opstellen ISSO-publicatie.

Dit kan in de vorm van een afzonderlijke handleiding en/of “kleintje” voor koudtapwater(circulatie) systemen. Maar dit kan gecombineerd worden met andere methoden om drinkwater koud te houden, zoals beschreven in de checklist hotspots en de methoden die in ISSO/SBR-publicatie 811 “Integraal ontwerpen van legionellaveilige woningen” zijn behandeld.

Opname in ISSO 55 is een andere mogelijkheid.



HOOFDSTUK 8 - REFERENTIES

1. NEN 1006 + A1– Algemene voorschriften voor leidingwaterinstallaties
NEN, Delft, 2018
2. Waterwerkbladen
InfoDWI
3. Bezoek TVVL expertgroep Sanitaire Technieken aan Holiday INN, Dusseldorf op 6-9-2022
4. Verslag van online-bijeenkomst van de TVVL Innovatiegroep ST op 16-3-2020
KOUDWATERCIRCULATIESYSTEMEN
5. Temperatuurbeheersing in leidingschachten en meterkasten
TVVL Voorstudie ST 33
J.E. Scholten, J. van Wolferen (TNO)
TVVL, Woerden, 2013
6. Wie halte ich Kaltwasser kalt? - Maßnahmen zur Begrenzung der Temperatur des Trinkwassers kalt (PWC) in Trinkwasser-Installationen
BTGA-Praxisleitfaden (entwurf)
BTGA Bonn, April 2023
7. Met recht naar een doeltreffender legionellapreventie
Paul van der Wielen e.a.
KWR/Berenschot, juni 2021
8. Influence of Temperature on Growth of Four Different Opportunistic Pathogens in Drinking Water Biofilms
Paul W. J. J. van der Wielen, Marco Dignum, Agata Donocik and Emmanuelle I. Prest
Microorganisms 2023, 11, 1574. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11061574>
9. Model voor de berekening van de watertemperatuur in het leidingnet
Mirjam Blokker, Ilse Pieterse-Quireins (KWR)
H2O 23-2010
10. Agudelo -Vera, C.M.; Blokker, E.J.M.; van der Wielen, P.W.J.J.; Raterman, B. Drinking Water Temperature in Future Urban Areas; BTO 2015.012; KWR: Nieuwegein, The Netherlands, 2015
11. Koeling drinkwater in De Rotterdam, maatwerk tegen Legionella
Ing. E.J. Pinstor (Techniplan Adviseurs)
TVVL Magazine 2015, nr. 4
12. ISSO 55 Leidingwaterinstallaties voor woon- en utiliteitsgebouwen
ISSO, Rotterdam, 2023
13. NEN 2768 + A2:2022 - Meterruimten en bijbehorende bouwkundige voorzieningen in woningen
NEN, Delft, 2016/2022



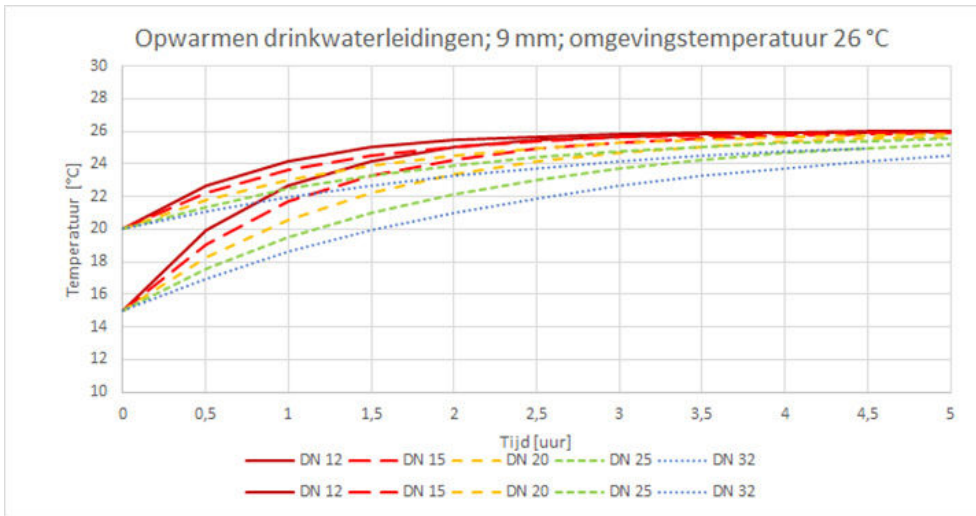
14. ISSO/SBR-publicatie 811, Integraal ontwerpen van legionellaveilige woningen
ISSO, Rotterdam, 2008
15. ISSO-Checklist 'hotspots' in waterleidingen
ISSO, Rotterdam, 2013
16. Brief aan de tweede kamer "Water en Bodem sturend"
Ministerie van I&W, 25 november 2022
17. Technisch rapport ST 46 warmtapwatercirculatiesystemen
Michiel van Bruggen (rapporteur)
TVVL, Woerden, 2020
18. Validatie rekenregels voor waterverbruik woontorens (KWR-2013.016)
Ilse Pieterse-Quirijns, Hendrik Beverloo
KWR, Nieuwegein, juni 2013
19. Validatie rekenregels voor waterverbruik kantoren (KWR-2013.017)
Ilse Pieterse-Quirijns, Hendrik Beverloo, Arnaut van Loon
KWR, Nieuwegein, juni 2013
20. Validatie rekenregels voor waterverbruik hotels (KWR-2013.018)
Ilse Pieterse-Quirijns, Hendrik Beverloo, Arnaut van Loon
KWR, Nieuwegein, juni 2013
21. Validatie rekenregels voor waterverbruik zorginstellingen (KWR-2013.025)
Ilse Pieterse-Quirijns, Hendrik Beverloo, Arnaut van Loon en Marcel Kwakkel
KWR, Nieuwegein, juni 2013
22. Bepaling toekomstige drink watervraag met SIMDEUM
Dr.ir. C.M. (Claudia) Agudelo Vera, Dr.ir. E.J.M. (Mirjam) Blokker
TVVL magazine, 2017, nr.9
23. <https://www.c-mark.nl/nieuws/artikelen-nieuwsbrief/afnemende-waterkwaliteit-met-kunststof-waterleidingen/>
24. Volatile Organic Components Migrating from Plastic Pipes (HDPE, PEX and PVC) into Drinking Water.
Skjevraak, I.; Due, A.; Gjerstad, K.O.; Herikstad, H.
Water Res. 2003, 37, 1912–1920 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135402005766?via%3Dihub>
25. ISO 9080:2012 - Plastics piping and ducting systems
Determination of the long-term hydrostatic strength of thermoplastics materials in pipe form by extrapolation
26. ISO 10508 - Plastics piping systems for hot and cold water installations
Guidance for classification and design



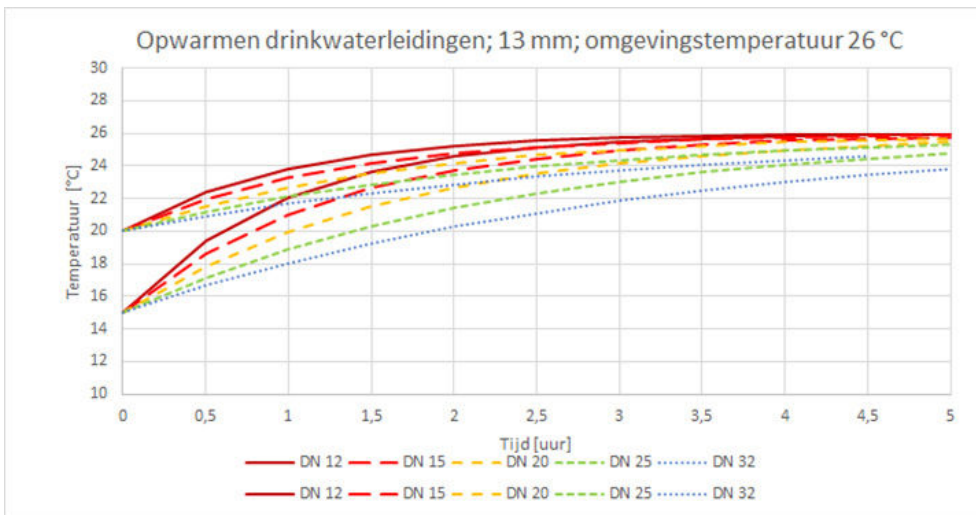
27. Feeding the Building Plumbing Microbiome: The Importance of Synthetic Polymeric Materials for Biofilm formation and Management
Lisa Neu en Frederik Hammes
Water 2020-06-22
28. ISSO Instructieboek MKLS
ISSO, Rotterdam, 2012
29. <https://www.dunea.nl/drinkwater/waterkwaliteit-en-samenstelling/verschillende-normen/gezondheidkundige-normen#Koper>



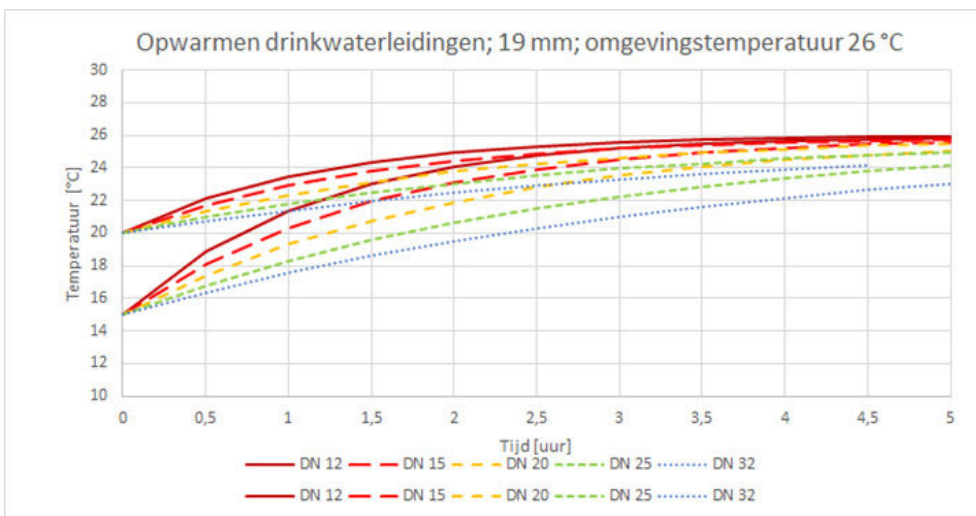
BIJLAGE 1 - OPWARMING VAN GEÏSOLEERDE DRINKWATERLEIDINGEN
 Omgevingstemperatuur 26 °C.



Figuur 26. Opwarming van drinkwaterleidingen; 9 mm isolatie, omgevingstemperatuur 26 °C.



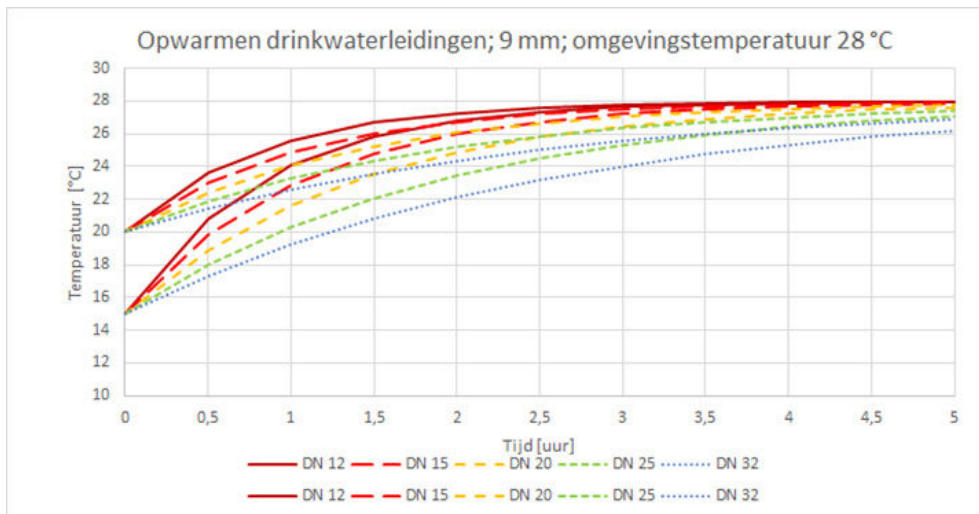
Figuur 27. Opwarming van drinkwaterleidingen; 13 mm isolatie, omgevingstemperatuur 26 °C



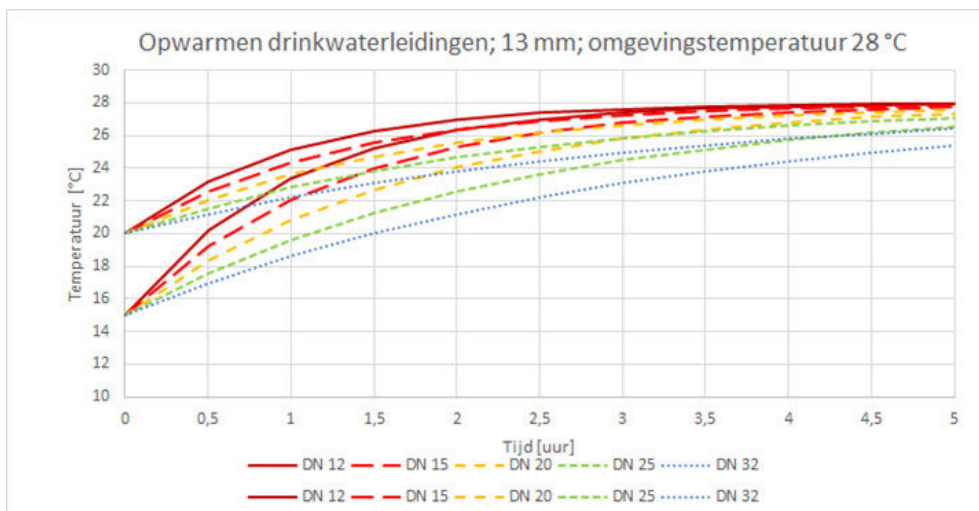
Figuur 28. Opwarming van drinkwaterleidingen; 19 mm isolatie, omgevingstemperatuur 26 °C.



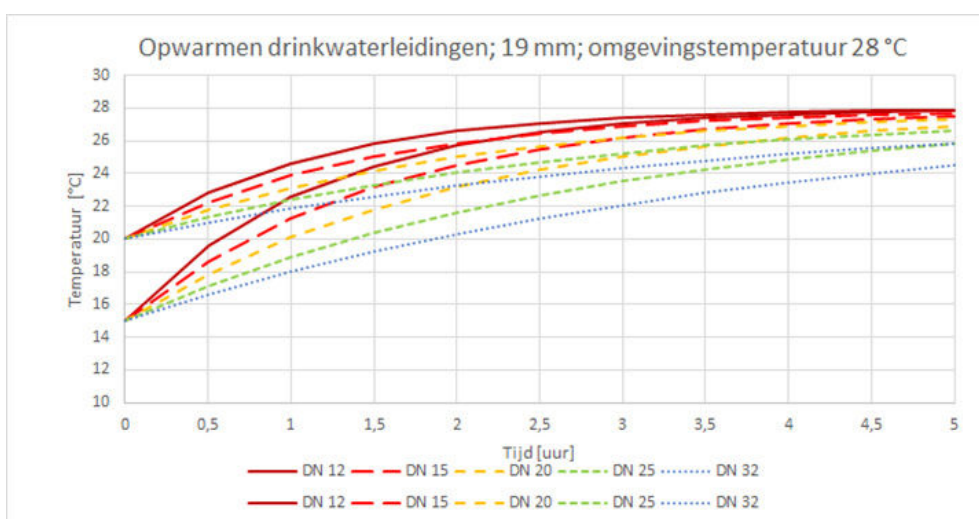
Omgevingstemperatuur 28 °C.



Figuur 29. Opwarming van drinkwaterleidingen; 9 mm isolatie, omgevingstemperatuur 28 °C.



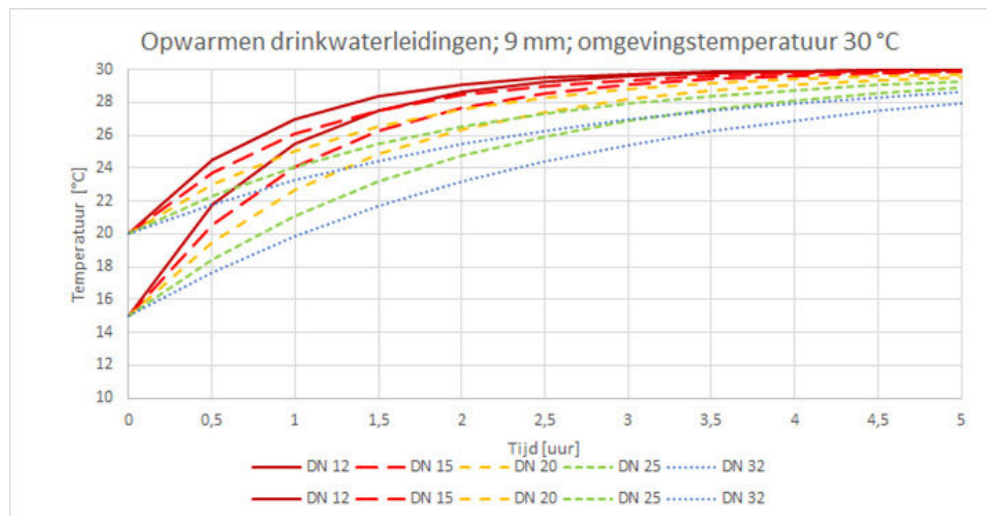
Figuur 30. Opwarming van drinkwaterleidingen; 13 mm isolatie, omgevingstemperatuur 28 °C.



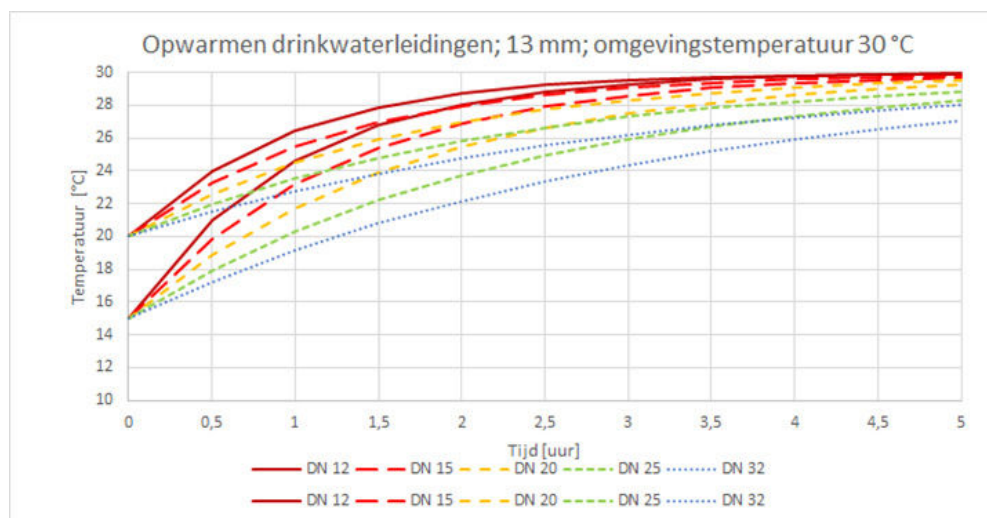
Figuur 31. Opwarming van drinkwaterleidingen; 19 mm isolatie, omgevingstemperatuur 28 °C.



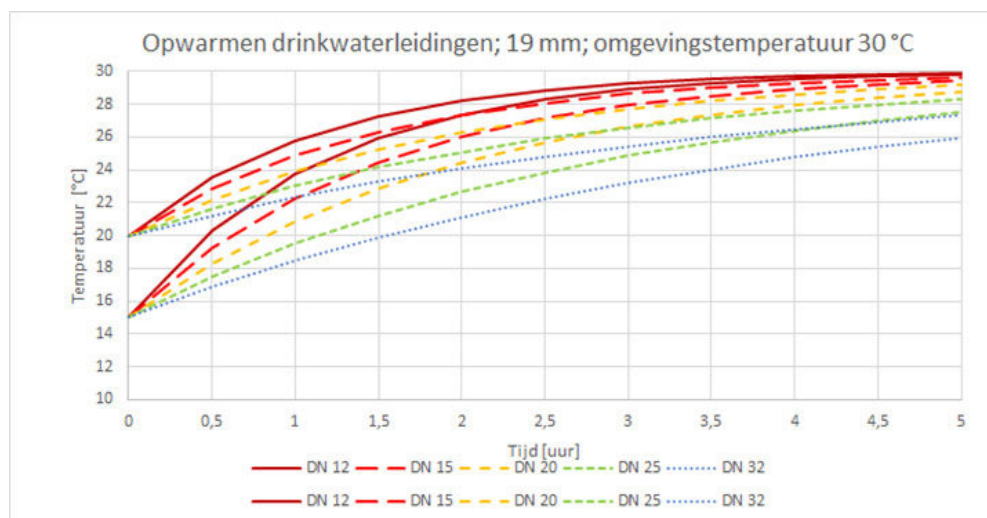
Omgevingstemperatuur 30 °C.



Figuur 32. Opwarming van drinkwaterleidingen; 9 mm isolatie, omgevingstemperatuur 30 °C.



Figuur 33. Opwarming van drinkwaterleidingen; 13 mm isolatie, omgevingstemperatuur 30 °C.



Figuur 34. Opwarming van drinkwaterleidingen; 19 mm isolatie, omgevingstemperatuur 30 °C.



BIJLAGE 2 - MINIMALE ISOLATIE KOUDWATERLEIDINGEN TER VOORKOMING VAN CONDENSATIE

In deze bijlage wordt aangetoond dat een isolatie van 9 mm met gangbaar isolatiemateriaal voldoende is om condensatie op koudwaterleidingen te voorkomen. Dit gebeurt in twee stappen:

- Berekenen oppervlaktetemperatuur van de isolatie rond de buis.
- Bepalen maximaal toelaatbare RV van de lucht rond de buis.

De berekening is uitgevoerd voor uiteenlopende diameters koperen leiding waarbij is uitgegaan van:

- Koudwatertemperatuur 15 °C
- Omgevingstemperatuur 28 °C
- De warmteoverdrachtscoëfficiënt aan de buitenzijde van het isolatieoppervlak bedraagt 10 W/m².K, conform ISSO 25:1919.
- 9 mm isolatie met een warmtegeleidingscoëfficiënt van 0,038 W/m.K.
Onderbouwing: voor de isolatie van koude leidingen wordt meestal een elastomeer (zoals armaflex) toegepast. Deze is in onder andere 9, 13 en 19 mm dikte beschikbaar. De warmtegeleidingscoëfficiënt van armaflex bedraagt 0,036 – 0,040.

Variant		DN 12	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32
λkoper	W/m.K	390	390	390	390	390
λiso	W/m.K	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038
Din	m	0,013	0,016	0,020	0,025	0,032
Duit	m	0,015	0,018	0,022	0,028	0,035
dikte iso	m	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
hu	W/m ² .K	10	10	10	10	10
Duit iso	m	0,033	0,036	0,04	0,046	0,053

Constanten voor opwarming

U	W/m.K	0,234	0,264	0,303	0,361	0,428
Tw(0)	°C	15	15	15	15	15
Tomg	°C	28	28	28	28	28
Pnom	W/m	-3,0	-3,4	-3,9	-4,7	-5,6
Topp	°C	25,1	25,0	24,9	24,8	24,7
dTopp	K	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3

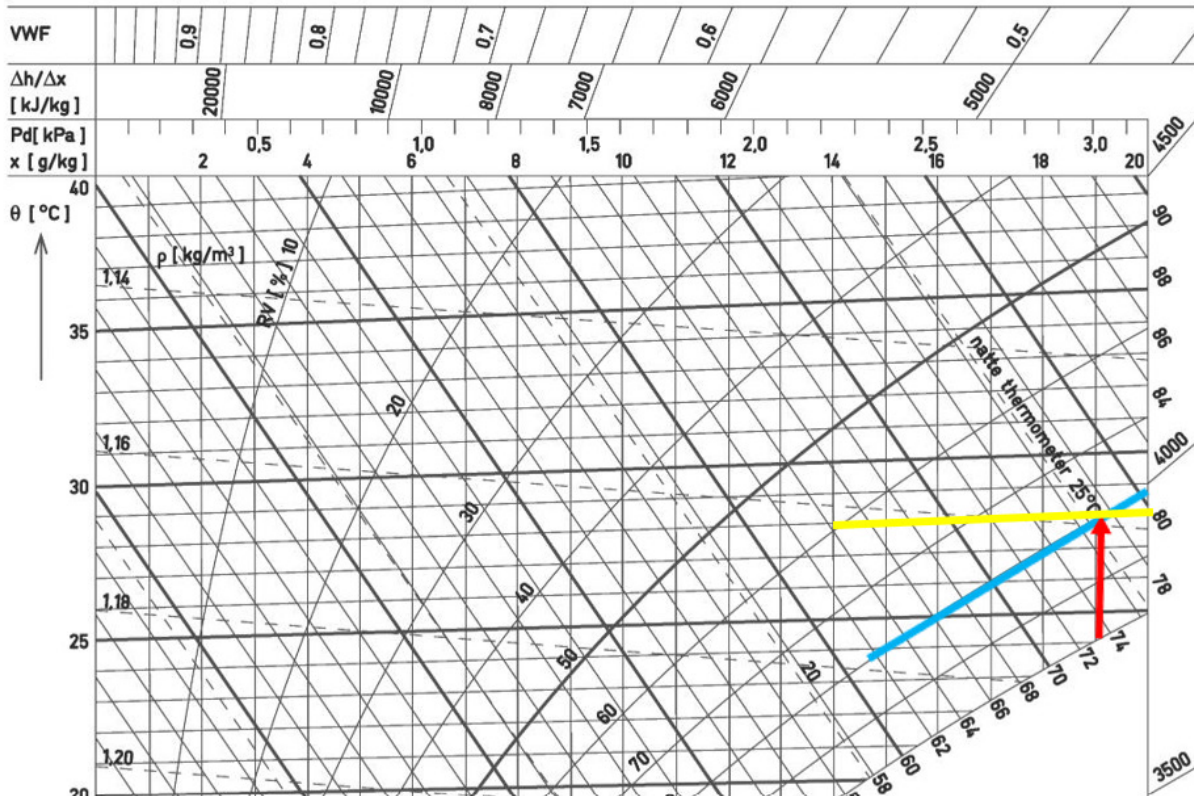
Tabel 7. Oppervlaktetemperatuur van de isolatie rond de buis (grijze velden zijn berekend)

Hieruit blijkt dat de oppervlaktetemperatuur van de isolatie rond de buis tussen 25,1 en 24,7 °C ligt; ca. 3 K lager dan de ruimtetemperatuur.



Hiermee kunnen we de maximaal toelaatbare RV van de lucht rond de buis bepalen, waarbij we uitgaan van de luchtvochtigheid bij een RV van 100% bij de oppervlaktetemperatuur van de isolatie. Dit is uitgevoerd in onderstaand Mollierdiagram:

- Startpunt is een RV van 100% (condensatiegrens) bij een temperatuur van 24 °C (de oppervlaktetemperatuur van de buis).
- Volg de rode pijl bij een constante waarde van de luchtvochtigheid van ca. 19 g/kg...
- Tot deze de gele lijn van 28 °C snijdt.
- Op dit punt is de RV ca 80% (blauwe lijn).



Voor andere luchttemperaturen wordt een soortgelijk resultaat gevonden.

Aangezien de lucht in gebouwen zelden tot nooit een RV van 80 % bereikt is 9 mm isolatie voldoende om condensatie te voorkomen. Alleen in ruimten met een zeer hoge RV (zwembaden, sauna's) kan en dickere isolatie vereist zijn.

3.3.1 Warmte-overdrachtscoëfficiënt buitenzijde isolatie-oppervlak

De warmte-overdrachtscoëfficiënt h_u , houdt rekening met de convectieve en u stralingsstroom vanaf het isolatie-oppervlak naar de omgeving. De invloed van de warmte-overdrachtscoëfficiënt op de economische isolatiedikte is minimaal. Daarom kan worden volstaan met enkele waarden voor h_u , gegeven in tabel 20.

Tabel 20 Aan te houden waarden voor de warmte-overdrachtscoëfficiënt h_u (straling + convectie) bij berekening van de economische isolatiedikte

Plaats installatie	h_u [W/(m ² ·K)]
Binnen	10
Buiten*)	20

*) Waarden voor h_u tot 60 [W/(m²·K)] zijn ook mogelijk. Bij berekening van het warmteverlies of de afkoeltijd dient dan een zo nauwkeurig mogelijke waarde voor h_u te worden vastgesteld.

Figuur 35. Bron: ISSO 25:1991



In deze bijlage wordt aangetoond dat een isolatie van 9 mm met gangbaar isolatiemateriaal voldoende is om condensatie op koudwaterleidingen te voorkomen.

De berekening is uitgevoerd voor uiteenlopende diameters koperen leiding

In dit voorbeeld is uitgegaan van:

- Koudwatertemperatuur 15 °C
- Omgevingstemperatuur 28 °C
- 9 mm isolatie met een warmtegeleidingscoëfficiënt van 0,038 W/m.K.
- Het effect van beugeling en appendages is buiten beschouwing gelaten.

Tabel 8. U-waarde en opwarming (= negatief warmteverlies Pnom) van leidingen

Variant		DN 12	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32
Din	m	0,013	0,016	0,020	0,025	0,032
Duit	m	0,015	0,018	0,022	0,028	0,035
Tw(0)	°C	15	15	15	15	15
Tomg	°C	28	28	28	28	28
dikte iso	m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
U	W/m.K	0,471	0,565	0,691	0,880	1,100
Pnom	W/m	-6,1	-7,4	-9,0	-11,4	-14,3
dikte iso	m	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
U	W/m.K	0,234	0,264	0,303	0,361	0,428
Pnom	W/m	-3,0	-3,4	-3,9	-4,7	-5,6
dikte iso	m	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
U	W/m.K	0,200	0,224	0,254	0,299	0,351
Pnom	W/m	-2,6	-2,9	-3,3	-3,9	-4,6
dikte iso	m	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
U	W/m.K	0,170	0,188	0,211	0,245	0,285
Pnom	W/m	-2,2	-2,4	-2,7	-3,2	-3,7



BIJLAGE 3 - DIMENSIONERING EN ENERGIEGEBRUIK – EEN ORIËNTATIE

Om een eerste indruk te krijgen van de dimensionering van een KWC is hieronder een vergelijking gemaakt met warmtapwater circulatiesysteem, voor zowel de warmte/koudevraag ten gevolge van de distributieverliezen als voor de opwarming/afkoeling van het ingenomen drinkwater.

Aspect	Warmtapwater	Koudtapwater
Bedrijfstemperatuur Ta / Tr	65-70 / 60 °C	10-15 / 20 °C
ΔT omgeving		
$T_{\text{omgeving}} = 25 \text{ °C}$	Ca 40	Ca 10
Vereist vermogen tbv warmte/ koudeverlies 1	100%	25%
Vereist waterstroom tbv warmte/ koudeverlies 1	100%	25%
ΔT leveringspunt		
$T_{\text{omgeving}} = 10 \text{ °C (WWC)}$		
$T_{\text{omgeving}} = 25 \text{ °C (KWC)}$	Ca 55-60 K	Ca 15-10 K
Vereist vermogen tbv opwarmen / afkoelen ¹	100%	25%
¹ Bij gelijke isolatie		

Hieruit blijkt dat zowel voor het op temperatuur houden van het circulatiesysteem als voor het op temperatuur brengen van het ingenomen water ca 25 % van de warmtevraag nodig in vergelijking met een warmtapwatersysteem.

Twee opmerkingen bij het op temperatuur brengen van ingenomen drinkwater:

- De drinkwatervraag kan groter zijn dan de warmtapwatervraag (in liters). Hierbij wordt het water voor het warmtapwatersysteem afgetakt voor er gekoeld wordt.
- Het koelen van het ingenomen drinkwater zal vooral in de zomer meespelen; in de winter zal de koeling nauwelijks nodig zijn. De jaarrond verhouding met een WWC zal daardoor nog lager zijn (10%)

Voor het primair energiegebruik is het rendement van de warmte-/koudeopwekking van belang.

Voor collectieve warmtepompen heeft de Q-Ton (een L/W WP) een hoge COP van ca 3,2-3,5 (excl. verlies buffervaten)

Voor koeling zijn twee koudebronnen mogelijk:

- Gebruik van een WKO; de COP wordt dan bepaald door de verhouding nuttige koudelevering vs pompenergie. De COP ligt dan vermoedelijk op 20-40.
In gebouwen waarin de WKO voor verwarming en warmtapwater wordt gebruikt (ziekenhuizen, zorg, zwembaden, woontorens) heeft dit een positief effect op de warmtebalans van de WKO.
- Gebruik van een koelmachine, zoals de Kemper Coolflow met L/W koelmachine.
Het productblad geeft een SEER van 4,57-5,51

Kortom: het energiegebruik om drinkwater te koelen is bescheiden (met koelmachine) tot nihil (met WKO). En bij een WKO als koudebron zal in veel situaties een betere bron-balans behaald worden.

**BIJLAGE 4 - VOORBEELD LEIDINGHOUD EN VERVERSING**

Lengte per appartement	m	3	3	4	4
Maat <i>aanvoerleiding</i>		DN 25	DN 32	DN 25	DN 32
Din	m	0,025	0,032	0,025	0,032
Duit	m	0,028	0,035	0,028	0,035
Volume leiding per app.	lt	1,47	2,41	1,96	3,22
Maat <i>retourleiding</i>		DN 12	DN 15	DN 12	DN 15
Din	m	0,013	0,016	0,013	0,016
Duit	m	0,015	0,018	0,015	0,018
Volume leiding per app.	lt	0,40	0,60	0,53	0,80
Totaal volume per app.	lt	1,87	3,02	2,49	4,02



BIJLAGE 5 - VOORBEELD KOELVERMOGEN

Hieronder is een indicatie gegeven van het vereiste koelvermogen, aan de hand van een voorbeeld voor een hotel met 240 kamers (Hygiënisch drinkwater door actieve koeling, TVVL Magazine, februari 2022). In het TVVL magazine was alleen de koeling in verband met opwarming in het gebouw bezien; hieronder is tevens de zomerdagsituatie met een hoge temperatuur van het water aan het leveringspunt meegenomen.

Het koelvermogen dat vereist is voor het koelen van het water aan het leveringspunt.

Hierbij is voor de eenvoud alleen gekeken naar het douchegebruik.

Uitgangspunten, losjes gebaseerd op kentallen uit ISSO:

Eenmaal gebruik douche per kamer van 6 min, met 9 l/min bij 40 °C.

Bij watertemperaturen van 20 en 60 °C is de helft hiervan (gekoeld) drinkwater; het warmtapwater is niet vooraf gekoeld.

Dit komt overeen met een drinkwatergebruik van 27 liter per kamer, 6.480 liter voor het gehele hotel per dag. Bij een leveringstemperatuur van 25 en een gekoeld watertemperatuur van 17,5 °C is 204.120 kJ koelenergie per dag vereist.

Gemiddeld is dat 2,4 kW koelvermogen.

Als de helft van de tapvraag binnen 2 uur gevraagd wordt, niet ongewoon in hotels, dan is de piekvraag 14,2 kW

Het koelvermogen dat vereist is om de opwarming van het leidingwater in het gebouw te compenseren
Deze berekening komt direct uit het geciteerde artikel.

Totaal 700 meter koper, diameters variërend van 13/15 mm tot 51/54 mm. Omgevingstemperatuur is gemiddeld 27 °C, leidingwater gemiddeld 17,5 °C.

Koelvraag bij 6 mm isolatie: 3,6 kW

De conclusie is dat voor dit rekenvoorbeeld het gemiddelde vereist vermogen voor *koelen aan het leveringspunt* in de zomer en voor het *voorkomen van opwarming in het gebouw* in dezelfde grootte orde ligt (2,4 vs 3,6). Het piekvermogen voor *koelen aan het leveringspunt* is in de zomer een factor 4 hoger dan het vermogen voor het *voorkomen van opwarming in het gebouw*.

Dit voorbeeld toont aan:

- De koeling over een groot momentaan vermogensbereik moet kunnen worden geregeld. Buffers zijn dus vereist, tenzij een WKO als koudebron wordt gebruikt.
- Koudtapwatercirculatiesysteem met koeling in de retourleiding in de praktijk geconfronteerd zullen worden met een hoge tapvolumestroom in de zomer ten opzichte van de circulatiestroom (tenzij de retourleiding zeer ruim gedimensioneerd wordt). Een bescheiden circulatiestroom is dan onvoldoende om het hoge koelvermogen voor de tapvolumestroom te leveren, zoals onder 5.4 al is besproken.



Korenmolenlaan 4
3447 GG Woerden
Telefoon: 088 401 06 00

info@tvvl.nl | www.tvvl.nl

