

Meting temperatuurgradiënten t.b.v. checklist hotspots

De Checklist hotspots ter voorkoming van legionella in waterleidingen maakt gebruik van temperatuurgradiënten in ruimten. In het verleden zijn deze in laboratoria bepaald voor systemen met een grote warmtevraag. Om de geldigheid van die waarden in de praktijk en daarmee de juistheid van de Checklist hotspots voor de huidige bouwwijzen na te gaan is een meetprogramma in een aantal woningen uitgevoerd. Deze metingen zijn aangevuld met laboratoriummetingen in een EN-442 proefkamer. Op basis van de metingen zijn conclusies getrokken over de geldigheid van de checklist

J. Verdonck, Productmanager, Jaga; A.M. van Weele, Projectcoördinator, ISSO

De Checklist hotspots [1] geeft voor een aantal verwarmingssystemen de afstanden die waterleidingen minimaal moeten hebben ten opzichte van verwarmingsleidingen. De checklist geeft deze waarden voor verschillende ruimtetemperaturen en verschillende temperaturen van het verwarmingsmedium. Voor het opstellen van deze checklist is gebruik gemaakt van temperatuurgradiënten in ruimten zoals die gegeven zijn in de warmteverliesberekening, waarbij de temperatuur in de waterleidingen maximaal 25 °C mocht zijn. De temperatuurgradiënten in de warmteverliesberekening [3] zijn in het verleden bepaald voor de toenmalige bouwwijzen en warmtevragen. Tegenwoordig is de warmtevraag veel geringer en rijst de vraag of de gehanteerde waarden nog zonder meer toepasbaar zijn of dat de checklist op een aantal plaatsen eventueel aangepast moet worden. De badkamer is in het algemeen de ruimte in huis met de hoogste ontwerpbinrentemperatuur en daarom wordt in de metingen de aandacht op badkamers gericht. Over het al dan niet aanwezig zijn van een verticale temperatuurgradiënt in een badka-

mer zijn vele meningen/veronderstellingen. In het algemeen zijn de ideeën gebaseerd op gevoel of een incidentele meting met één opnemer waarbij handmatig de temperatuur op verschillende hoogten gemeten wordt. Het ontbreekt hierbij aan praktijkmetingen op meerdere punten gelijktijdig en gedurende meerdere dagen. In dit onderzoek is in een aantal woningen een meetprogramma uitgevoerd om in praktijksituaties de temperatuur gradiënt te bepalen. De woningen zijn tijdens de metingen bewoond en normaal in gebruik. Daarnaast zijn er bij Jaga ter verdere onderbouwing metingen uitgevoerd onder laboratorium omstandigheden.

■ PRAKTIJKMETINGEN

De metingen hebben in het algemeen plaatsgevonden in Limburg, West Brabant en de Randstad. In alle gevallen is sprake van moderne, goed geïsoleerde woningen. De betreffende badkamers zijn tijdens de metingen normaal in bedrijf op de manier zoals de betreffende gebruikers dat altijd doen. De installatie is niet anders geregeld dan de gebruikers normaal doen. Hierdoor is de tem-

peratuur in de badkamers bij de verschillende meetseries niet hetzelfde. Bij de metingen is sprake van de gebruikelijke dagpatronen (nachtverlaging, opwarmen, dagbedrijf/avondbedrijf, afkoelen).

Voor de buitentemperaturen tijdens de metingen is gebruik gemaakt van het dichtst bij gelegen KNMI-klimaatstation. De metingen zijn uitgevoerd voor temperaturen rond en net onder het vriespunt. Dit zijn klimaatcondities die in normale winters het overgrote deel van de tijd voorkomen.

Voor de volgende situaties zijn metingen uitgevoerd:

- radiator bij badkamer aan de gevel;
- radiator bij een inpandig badkamer;
- vloerverwarming bij een inpandig badkamer;
- vloerverwarming bij badkamer aan de (goed geïsoleerde) gevel.

Bij iedere meting zijn de volgende gegevens vastgelegd:

- aanvoertemperatuur van het cv-systeem c.q. de vloerverwarming;
- retourtemperatuur van cv-systeem c.q. de



-Foto 1- Datalogger en sensoren zijn samen gekalibreerd

- vloerverwarming;
- oppervlaktetemperatuur van de vloer;
- oppervlaktetemperatuur van het plafond;
- luchttemperatuur op ca. 1,55 m in de badkamer;
- luchttemperatuur op 1 cm onder het plafond.

Bij de metingen is gebruik gemaakt van dataloggers van het type Saveris 2 T2 van Testo. Dit zijn draagbare dataloggers, met een opslagruimte voor 10.000 metingen, waarop externe sensoren kunnen worden aangesloten. De verschillende dataloggers zijn met sensoren gekalibreerd (zie foto1).

De dataloggers kunnen een groot aantal metingen opslaan en via een netwerk aansluiting in de cloud neerzetten. Van hieruit kunnen de bestanden in Excel-files geëxporteerd worden.

Voor het meten van ruimtetemperaturen (luchttemperaturen), oppervlaktetemperaturen en watertemperaturen is gebruik gemaakt van verschillende sensoren:

- watertemperatuur: hiervoor is gebruik gemaakt van een temperatuurvoeler met klittenband voor oppervlaktetemperaturen aan buizen, model 0613 4611;
- luchttemperatuur: hiervoor is gebruik gemaakt van voelers model 0613 1712.
- oppervlaktetemperaturen van de vloer en het plafond: hiervoor is gebruik gemaakt van een NTC-voeler in een aluminiumblok, model 0628 7516.

Foto 2 toont de houder van de sensoren voor de oppervlaktetemperatuur van het plafond en de luchttemperatuur 1 cm onder het plafond. Foto 3 toont de plaatsing van de meetboom in één van de badkamers.

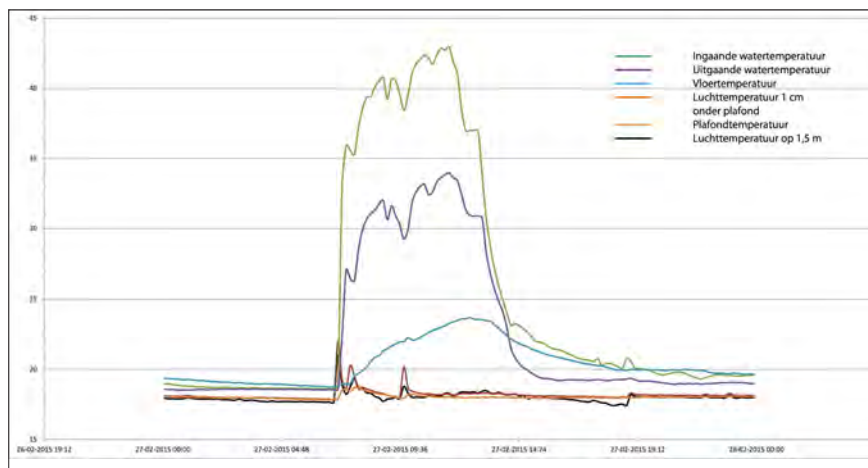
Figuur 1 toont het verloop van de temperatu-



-Foto 2- Houder met meetsensoren voor meting plafondtemperatuur en luchttemperatuur 1 cm onder het plafond



-Foto 3- Plaatsing van de meetboom



-Figuur 1- Verloop van de temperaturen voor een badkamer met vloerverwarming

ren voor een badkamer met vloerverwarming tijdens één van de dagen. Tijdens de meting was er sprake van een lichte nachtvorst. De gemiddelde etmaaltemperatuur was 5,4°C. De warmtelevering gebeurde door een combiketel. Dit heeft tot gevolg dat bij gebruik van de douche de aanvoerwatertemperatuur van de vloerverwarming tijdelijk daalt. Uit de metingen van de badkamers met vloerverwarming zijn de volgende conclusies te trekken:

- bij de vertrekken met een badkamer aan de gevel en vloerverwarming als hoofdverwarming waarbij de vloerverwarming op (zeer) lage temperaturen bedreven wordt is er een verwaarloosbare temperatuurgadiënt;
- de temperatuur van het plafond blijft in de buurt van de ruimtetemperatuur en voegt voor legionella geen extra risico toe. Waterleidingen zouden in het plafond gelegd kunnen worden wanneer er in het

bovengelegen vertrek geen vloerverwarming aanwezig is ;

- bij een plotselinge verhoging van de watertoevoertemperatuur stijgt de vloertemperatuur langzaam en gedurende een aantal uren blijft stijgen bij een redelijk constante wateraanvoertemperatuur. Wanneer de warmtetoevoer gestopt is, daalt ook de vloertemperatuur. De luchttemperatuur was vrij laag;
- de plafondtemperatuur volgt de luchttemperatuur vlak onder het plafond meer dan de vloertemperatuur;
- in één van de woningen was het vertrek boven de badkamer ook voorzien van vloerverwarming zonder tussenisolatie. Hier volgde de plafondtemperatuur duidelijk de wateraanvoertemperatuur. Hierdoor is het plafond niet bruikbaar voor het aanbrengen van waterleidingen.

Verwarmings-systeem	Ruimte-temperatuur [°C]	Aanvoer/retour-temperatuur [°C]	Temperatuur 10 cm onder plafond [°C]	Plafond-temperatuur [°C]	Aanpassen checklist nodig
Vloerverwarming	19,5	29/28	19,8	19,6	Nee
Vloerverwarming	18,2	39/31	18,4	18,1	Nee
Vloerverwarming	21,1	26/22	21,6	22,3	Nee
Radiator	23,7	37/27	26,5	25,3	*)
Radiator	23,3	44/39	25,3	22,8	Nee
*) Betreft een radiator die duidelijk overgedimensioneerd is. Zie ook kopje overdimensionering					

-Tabel 1- Overzicht van de uitgevoerde praktijkmetingen

Gemiddelde watertemp	[°C]	32,56	42,49	52,51		32,785	42,5	52,52		33,11	42,51	52,495
CV-aanvoer	[°C]	35	44,99	55		35	44,99	55		35	45,01	55
CV-retour	[°C]	30,12	39,99	50,02		30,57	40,01	50,04		31,22	40,01	49,99
Ruimtetemperatuur	[°C]	20,08	20,03	19,98		22,04	21,96	22,01		24,05	24,16	23,89
Contacttemperatuur vloer	[°C]	23,3	25,8	28		24,79	27,18	29,51		26,21	28,88	30,94
Contacttemperatuur plafond	[°C]	20,07	20,1	19,8		21,68	21,66	21,85		23,6	23,68	23,86
1cm onder plafond	[°C]	20,07	20	19,95		21,85	21,78	21,95		23,83	23,86	23,86
Vermogen vloerverwarming	[W]	346	681	1013		312	626	955		263	562	904

-Tabel 2- Overzicht van de metingen met vloerverwarming. De rij met de ruimtetemperaturen is licht grijs gekleurd.

De meetresultaten aan de badkamers met vloerverwarming geven geen aanleiding de richtlijnen als gegeven in de Checklist hotspots aan te passen.

Naast vloerverwarming in de badkamers zijn ook metingen uitgevoerd aan badkamer met radiatorverwarming. In één van die badkamers was sprake van een duidelijk grotere temperatuurgradiënt als verwacht zou worden op basis van de in de warmteverliesberekening gehanteerde waarden bij radiatorverwarming met aanvoerwatertemperaturen lager dan 50°C (LTV). Ook bij herhaalde metingen bleek dit op te treden en was niet direct te verklaren (later meer hierover).

De metingen in de andere woning met radiatorverwarming lieten weliswaar een duidelijke temperatuurgradiënt zien, maar deze kwam goed overeen met hetgeen in de warmteverliesberekening gehanteerd wordt en die als basis voor de Checklist hotspots gebruikt zijn. In tabel 1 is aangegeven welke praktijkmetingen zijn uitgevoerd. In de laatste kolom wordt aangegeven of een aanpassing van de Checklist hotspots nodig is.

LABORATORIUMMETINGEN

Doordat het een warme winter was, kon slechts een beperkt aantal praktijkmetingen uitgevoerd worden. Daarbij kwam ook nog dat de resultaten in één van de woningen niet overeen kwam met hetgeen verwacht werd en nog onbekend was of de gehanteerde uitgangspunten niet correct waren of er iets anders aan de hand was. Dit maakte aanvullende metingen in geconditioneerde omstandigheden noodzakelijk. Jaga bood aan om gebruik te maken van haar

laboratorium in Diepenbeek en daar gebruik te maken van de in de NEN-EN 442-2 [2] beschreven meetkamer.

De NEN-EN 442-2 [2] meetkamer is een vertrek van 4 x 4 meter met een hoogte van 3 meter. Van deze kamer zijn de wanden en het plafond opgebouwd uit met vloestof doorstroomde panelen die nauwkeurig te regelen zijn. Hierdoor zijn de buitenomstandigheden instelbaar. De meetkamer is niet voorzien van ventilatie of andere voorzieningen waardoor extra convectie-overdracht kan plaatsvinden. Ook zijn er geen personen of verlichting in de meetkamer tijdens de metingen. Normaal wordt deze testkamer gebruikt om het vermogen van radiatoren/convectoren te meten conform NEN-EN 442-2. Deze meetkamer is in principe niet bedoeld voor het meten van het vermogen van vloerverwarming. Voor de metingen om na te gaan of er altijd een temperatuurgradiënt aanwezig is of niet en wat de plafondtemperatuur in die situaties wordt, is het plafond gedurende de metingen niet gekoeld en is over een deel van de meetkamer een houten paneel aangebracht.

Vanwege de het goed kunnen instellen van de testomstandigheden en de goede nauwkeurigheid van de NEN-EN 442 meetkamer is ervoor gekozen deze meetkamer voor dit onderzoek te gebruiken, waarbij er niet alleen gemeten is aan radiatoren/convectoren, maar ook een droogbouw vloerverwarming in de testkamer is aangelegd.

De droogbouw vloerverwarming is vrij gehouden van de opstaande wanden en bestaat uit gegroefde platen van geëxpandeerd polystyreen met daarin vloerverwarmingsbuizen met een hart-op-hart afstand van 150 mm. Boven

op de buizen in de voorgegroefde isolatieplaten is een 10 mm Fermacell lastverdeellaag aangebracht. De vloerverwarming is waterzijdig zo ingesteld dat het verschil tussen de aanvoer- en retourtemperatuur 5K is. Vanwege de aansluiting op de Checklist hotspots is uitgegaan van ruimtetemperaturen van 20, 22 en 24 °C. Ook de ingaande watertemperaturen zijn aangepast op die van de checklist hotspots: 35 °C / 30 °C, 45 °C / 40 °C en 55 °C / 50 °C. Een samenvatting van de meetresultaten is gegeven in tabel 2.

CONCLUSIES VLOERVERWARMING MEETKAMER

Vloerverwarming geeft bij ruimte temperaturen zelfs bij 24°C nooit een probleem. Contact temperaturen van het plafond komen niet boven de 25°C uit. Ook de luchttemperatuur net onder het plafond blijft onder de 25 °C. Verwarmen met lage watertemperaturen geeft bij geen enkel systeem een probleem. Vloerverwarming is altijd op LTV en ook radiatoren (zelfs in opstart met grote belasting) geven ook geen probleem.

RADIATOR IN DE MEETKAMER

Voor deze metingen is een radiator voor één van de wanden geplaatst. Deze wand wordt niet actief gekoeld. Omdat de wand gekoeld kan worden bestaat deze uit een metalen paneel dat doorstroomd kan worden met koelvloeistof. Om een onrealistisch grote warmteafgifte naar deze wand te voorkomen is een houten paneel achter de radiator voor deze metalen wand geplaatst (zie foto.4). Deze radiator had een lengte van 110 cm en een hoogte van 60 cm. Voor de aanvoer- en retour-

Gemiddelde watertemp	[°C]	42,505	42,49		52,505	52,515	52,49
CV-aanvoer	[°C]	45	45		55	55	55
CV-retour	[°C]	40,01	39,98		50,01	50,03	49,98
Ruimtetemperatuur	[°C]	20,03	22,11		20	21,99	24,01
Contacttemperatuur vloer	[°C]	19,82	21,64		19,57	21,54	23,44
Contacttemperatuur plafond	[°C]	21,73	23,38		22,78	24,46	26,06
1cm onder plafond	[°C]	23	24,57		24,67	26,28	27,79
Vermogen convector	[W]	547	469,85		951	866,58	777,69

-Tabel 3- Overzicht van de metingen met LT-convector. De rij met de ruimtetemperaturen is licht grijs gekleurd.

Gemiddelde watertemp.	[°C]	62,5	62,495	62,515	72,515	72,5	72,49
CV-aanvoer	[°C]	65	65	65,01	75,01	75	74,99
CV-retour	[°C]	60	59,99	60,02	70,02	70	69,99
Ruimtetemperatuur	[°C]	20	22,03	24	19,98	21,97	24,09
Contacttemperatuur vloer	[°C]	19,58	21,55	23,26	19,53	21,42	23,24
Contacttemperatuur plafond	[°C]	21,69	23,52	25,16	22,21	24	25,8
Temp. 1 cm onder plafond	[°C]	23,3	25,08	26,7	24,04	25,77	27,62
Vermogen convector	[W]	584	547	505	790	747	695

-Tabel 4- Overzicht van de metingen met een radiator met convectielamellen en hoge wateraanvoertemperaturen. De rij met de ruimtetemperaturen is licht grijs gekleurd.

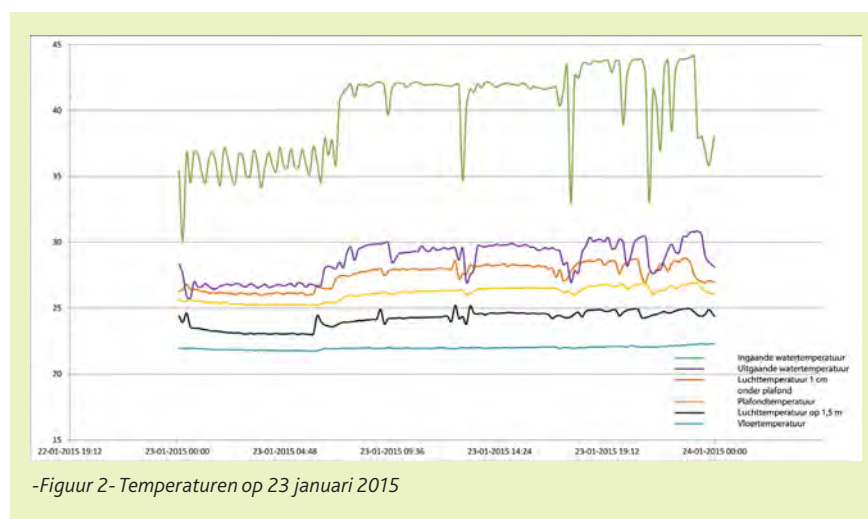
Gemiddelde watertemp	[°C]	62,46	62,5	62,51		72,145	72,285
CV-aanvoer	[°C]	64,99	65,01	65		75,01	75
CV-retour	[°C]	59,93	59,99	60,02		69,28	69,57
Ruimtetemperatuur	[°C]	20,02	21,99	24,03		22,29	23,98
Contacttemperatuur vloer	[°C]	19,4	21,25	23,22		21,49	23,1
Contacttemperatuur plafoi	[°C]	24,08	25,66	27,31		27,18	28,54
1cm onder plafond	[°C]	26,55	28,05	29,61		29,99	31,37
Vermogen convector	[W]	1433	1333	1225		1802	1714

-Tabel 5- Overzicht van de metingen met een radiator met convectielamellen en hoge wateraanvoertemperaturen. De rij met de ruimtetemperaturen is licht grijs gekleurd.

temperatuur van de radiator zijn, omwille van de aansluiting op de checklist hotspots, de volgende temperaturen aangehouden: 45 °C /40 °C en 55 °C /50 °C. De ruimtetemperaturen zijn 20 °C, 22°C en 24 °C. Behalve metingen bij lage watertemperaturen (aanvoer ≤ 55 °C) zijn ook metingen bij hogere watertemperaturen uitgevoerd. Hiervoor is een andere radiator geselecteerd. De radiator is zo geselecteerd dat de afgegeven vermogens bij de hogere watertemperaturen vergelijkbaar zijn met die van de vloerverwarming en de radiator met lage watertemperaturen. Vanwege de aansluiting op de Checklist hotspots is uitgegaan van ruimtetemperaturen van 20 °C en 22 °C. Daarnaast is ook gekeken naar een ruimtetemperatuur van 24 °C. De wateraanvoertemperaturen waren 65 °C en 75 °C. Tabel 3 en 4 tonen de meetresultaten van de radiatoren in de meetkamer. Tabel 3 die bij wateraanvoertemperaturen ≤ 55 °C. Tabel 4 die bij hoge temperaturen.

OVERDIMENSIONERING

Ook is gekeken naar de invloed van de grootte van de radiator om een bepaalde binnentemperatuur te realiseren (invloed van overdimensionering). De radiator was dezelfde als bij de aanvoertemperaturen ≤55°C Voor de aanvoer- en retourtemperatuur van de convector zijn



-Figuur 2- Temperaturen op 23 januari 2015

de volgende temperaturen aangehouden: 65 °C /60 °C en 75 °C /70 °C. De ruimtetemperaturen zijn aangepast op de Checklist hotspots: 20°C, 22°C en 24 °C. Figuur 2 geeft de oppervlaktetemperatuur van het plafond en de temperaturen 1 cm en 10 cm onder het plafond bij een ruimtetemperatuur van 24 °C. Uit nadere analyse van de woning met de grote temperatuurgradiënt bleek dat er sprake was van een duidelijk overgedimensioneerde handdoekradiator waarbij de temperatuur in de badkamer geregeld werd met een thermostatische afsluiter die ca. 20 cm boven de vloer gemonteerd was. Dit resulteerde in

een te grote warmteafgifte waarbij de warmte boven in het vertrek ging zitten als een warme deken en de warmtetoevoer ook pas laat beperkt werd. Het is een woning met een stooklijnregeling en thermostatische afsluiters in alle vertrekken. Figuur 2 geeft het temperatuurverloop op 23 januari 2015. De badkamer temperatuur was met de, laag geplaatste, thermostatische afsluiter ingesteld op 23 graden. Op 23 januari 2015 was de etmaalgemiddelde buitentemperatuur -2,8 °C. De checklist kan op basis van deze metingen uitgebreid worden voor systemen met aanvoertemperaturen boven de 50 °C

CHECKLIST HOTSPOTS

De Checklist hotspots is opgesteld voor systemen waarbij de volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

- het opgestelde vermogen is afgestemd op het benodigde vermogen;
- de installatie is goed ingeregeld.

Uit de metingen is duidelijk geworden dat bij afwijkingen van de bovengenoemde uitgangspunten, waardoor er meer vermogen beschikbaar is dan minimaal benodigd is, sprake is van duidelijk grotere temperatuurgradiënten en dus ook een hoger risico op legionella. Het verdient aanbeveling hiervoor een waarschuwing op te nemen in de checklist.

SAMENVATTING CONCLUSIES

Metingen radiatoren:

- bij de LTV wordt de temperatuur van het plafond net geen 25 °C. De luchttemperatuur net onder het plafond stijgt bij hoge binnentemperaturen (24 °C) tot net boven de 25 °C. Er is sprake van een temperatuurgradiënt die je niet meer kan verwaarlozen, maar die ook niet duidelijk afwijkt van de tot nu toe gehanteerde gradiënten. Bij dit systeem is het mogelijk een waterleiding in het plafond aan te brengen e.e.a. overeen-

komstig de Checklist hotspots;

- bij HTV is sprake van een grote temperatuurgradiënt en komt de temperatuur van het plafond, zelfs bij normale badkamertemperaturen (22 °C), al snel boven de 25 °C. De luchttemperatuur vlak onder het plafond ligt ruim boven de 25 °C. Bij HTV-toepassingen is het plafond beperkt geschikt om er waterleidingen in aan te brengen e.e.a. overeenkomstig de Checklist hotspots;
- het juist dimensioneren van de warmtebronnen is van grote invloed op de optredende temperatuurgradiënt en de plafondtemperatuur. Bij sterke overdimensionering van de radiator wordt het vertrek bovenin duidelijk warmer en is het niet meer mogelijk waterleidingen in het plafond op te nemen bij ruimtetemperaturen hoger dan 22 graden;
- zowel bij LTV als HTV is er geen probleem met de temperatuur aan het plafond als er een constante ruimtetemperatuur wordt gehandhaafd, zoals bij verzorgingstehuizen en of als de ruimte op een redelijke constante temperatuur wordt gehouden. Er is dan geen extra grote vermogensvraag in deze ruimte zoals je vaak ziet bij grotere nachtverlagingen in temperatuur of bij zeer hoog geïsoleerde woningen en of gebouwen.

Checklist hotspots:

- er zijn bij een correcte dimensionering geen aanwijzingen gevonden dat de Checklist hotspots aanpassingen behoeft;
- Checklist hotspots kan uitgebreid worden met systemen met radiatoren met een aanvoertemperaturen boven de 50 °C.

Er moet een opmerking opgenomen worden dat de checklist geldt voor goed gedimensioneerde en goed ingeregelde systemen. Overdimensionering en niet of niet goed inregelen veroorzaakt bij opwarmen grotere temperatuurgradiënten dan in de checklist worden aangegeven, waardoor de kans op legionella groter wordt en alleen zekerheid verkregen kan worden bij ruimtetemperaturen die niet boven de 22 °C komen bij verwarming met radiatoren.

LITERATUUR

1. ISSO Checklist hotspots in waterleidingen, ISSO, Rotterdam, 2013.
2. NEN-EN- 442-2 Radiatoren en convectoren - Deel 2: Beproevingsmethoden en opgave van de prestatie, NEN, Delft, 2014.

Toonaangevend in waterafvoertechniek



Opvoerinstallaties en pompstations

voor particuliere, gemeentelijke en bedrijfsmatige doeleinden.



Made in Germany

www.kessel-nederland.nl