

Brugsvandsinstallationer og *Legionella*

Delrapport 3:

Myndighedskrav og undersøgelser vedr. brugsvandsinstallationers legionella- og energiforhold

- Nationale, europæiske og internationale påvirkninger
samt samlet vurdering og konklusion for del 1 - 3

INDHOLD:

Forord

Resumé og konklusion / Summary and conclusion

Indholdsfortegnelse, detaljeret

1 Indledning vedr. del 3

2 Danske krav, vejledninger og undersøgelser

3 Europæiske krav, vejledninger og undersøgelser

4 Internationale krav, vejledninger og undersøgelser

5 Samlet vurdering og konklusion for del 1 -3

Referencer

Begreber og forkortelser

Teknologisk Institut



TEKNOLOGISK
INSTITUT



STATENS
SERUM
INSTITUT



VIA University College

23. marts 2023



Danish Clean Water



Fredericia
Fjernvarme

REGION
SJÆLLAND
Projektkontoret



FORORD

EUDP-projektet J. nr. 64020-1099 "Legionellasikring af energieffektivisering for installationer og forsyning" er dokumenteret ved 6 faglige delrapporter, jf. [EUDP2020-projekt 'Legionellasikring af energieffektivisering for installationer og forsyning' - Projekter - Teknologisk Institut](#)

Nærværende delrapport 3, afsnit 1 – 4 har Leon Buhl og Kaj Bryder som hovedforfattere, men med en række input fra Søren Uldum og Ditte Andreasen Søborg samt kritisk gennemlæsning og kommentering fra Carl Hellmers og Tommy Møller. Desuden har den samlede projektgruppe medvirket gennem løbende sparring specielt angående det afsluttende afsnit 5.

Projektgruppen har bestået af:

- Haggard Clausen (Lars Overgaard frem til juni 2021), DCW
- Torben Schifter-Holm, METRO THERM A/S
- Søren Anker Uldum, Statens Serum Institut (SSI)
- Ditte Andreasen Søborg, VIA University College
- Carl Hellmers, Fredericia Fjernvarme
- Nikas Arp-Wilhelm (Brian Kaarsberg frem til september 2021), KAB
- Tommy Steen Møller, Projektkontoret - Region Sjælland
- Leon Buhl, Henrik Kjeldsen og Kaj Bryder (projektleder), Teknologisk Institut (projektansvarlig).

Delrapporten blev oprindeligt offentliggjort i november 2022, men er i forbindelse med projektets afslutning i februar 2023 blevet revideret mht. suppleringer i afsnit 2.9, samt med justeringer og en afsluttende konklusion i afsnit 5. Derudover er revideret mht. enkelte sproglige formuleringer og begreber.

Særlige skriveregler:

- *Legionella* er, af hensyn til formens generelle anvendelse i forskningsverdenen, benyttet som skrivemåde for Legionella/legionella i selve rapporterne
- Citerede afsnit fra kilder – evt. i oversættelse, er i teksten markeret enten i "" eller ved *kursivskrift*.
- Rapporteringen er opdelt i delrapporter (del 1, del 2 etc.), afsnit (1, 2, 3 etc.) og i underafsnit (2.1, 2.2 etc.). Desuden kan være yderligere opdeling ved fed skrift samt understregning, der også benyttes til markering af særlige ord/sentenser.
- Under projektarbejdet er gennemført en omfattende kildesøgning via litteraturl databaser, Google og andre kilder. Henvisning til tekstkilder er i teksten angivet ved [] indeholdende årstal og hovedforfatter/udgiver og henviser til referenceoversigten bagerst i rapporten. Ved henvisning til produktkataloger, hjemmesider mv. er alternativt anført hyperlink i selve teksten og med præcisering af kilden
- Figurer og tabeller er nummereret fortløbende inden for hvert afsnit, dvs. fx figur 3-1, 3-2 etc.
- Punktangivelser er generelt anført ved "•", mens henvisning til særlige kilder, geografiske områder mv. er markeret med "■". Oprensninger fremgår ved "-".

RESUMÉ OG KONKLUSION

EUDP-projektet J. nr. 64020-1099 "Legionellasikring af energieffektivisering for installationer og forsyning", der vedrører legionellasikring for brugsvandsinstallationer, omfatter bl.a. tre udredningsrapporter del 1 – 3.

Del 1 og 2 bygger på de mere forskningsmæssige resultater vedr. influensparametre for *Legionella* og dækker den geografiske research, herunder med konstatering af en forholdsvis høj og stigende dansk incidens af legionærsygdom samt en geografisk skæv fordeling.

Del 3 omfatter en udredning af dels danske og udenlandske myndighedskrav, vejledninger mv., dels projekter og undersøgelser vedr. *Legionella* og brugsvandsinstallationer, herunder med belysning af den udfordring, som legionellasikring er for energibesparelser, klima, miljø og økonomi.

Afsluttende vurderes konsekvenserne af resultaterne fra del 1 – 3 for det videre arbejde. Der er i sammenhæng med dette præciseret nogle begreber vedr. temperatur-/biocidbehandling og strømningsmæssige forhold, herunder "døde ender".

På baggrund af udredningen for del 3 har projektgruppen konkluderet følgende:

- Legionellasikring i Danmark og udlandet sker primært gennem anvendelse af en passende temperatur for brugsvandet, men dette er særdeles udfordrende ift. den aktuelle energi- og klimakrise. Dette skyldes, at temperaturkravet grundet *Legionella* er mindst 50 °C, hvor det komfortmæssige behov er ca. 45 °C, hvilket bevirker et stort ekstra energiforbrug grundet varmetab. Denne udfordring får stigende betydning specielt pga. øget interesse for fjernvarme og varmepumper baseret på vedvarende energi, hvor anvendelse af lavtemperatur er centralt. Der savnes en egentlig analyse af meromkostningerne/besparelspotentialt relateret til *Legionella*, men af tidligere undersøgelser fremgår et samlet ikke nyttiggjort tab fra brugsvandssystemer på 20 PJ/år grundet temperatur og dårlig isolering. I offentliggjorte artikler er samtidig skønnet et samlet ekstra energiforbrug i Danmark fra ineffektive brugsvandsinstallationer svarende til en udgift på op imod 6 mia. kr. årligt.
- Der er betydelige forskelle i de afledte *Legionella* temperaturkrav til brugsvandsinstallationer i de forskellige lande på trods af flere koordineringstiltag. De nuværende danske myndighedskrav for temperaturer på 50 °C ved tapstedet og 55 °C i opvarmningsdelen ligger i underkanten sammenlignet med andre landes temperaturkrav, men vurderes af projektgruppen acceptable.
- Den største danske udfordring vurderes at være, at kravene ofte ikke efterleves i praksis, hvilket gælder både nyere og ældre anlæg. Dette kan for de mindre anlægs vedkommende bero på en misforståelse, idet man tidligere havde den opfattelse (bl.a. ud fra forskellige tyske anvisninger), at små anlæg ikke var så kritiske som større anlæg. Manglende overholdelse af temperaturkravene for ældre anlæg skyldes ofte, at anlægget ikke er korrekt indreguleret, eller ikke udstyret med cirkulationsventiler, der kan sikre korrekt temperatur i den samlede cirkulationskreds.
- De nuværende danske krav, som er fastlagt gennem BR (Bygningsreglementet) og Rørcenter-anvisningerne, medtager til dels de fælles europæiske standarder, der findes på området. Det danske krav om maks. 65 °C afviger dog, da det er indføjnet af hensyn til det høje kalkindhold i det danske grundvand, ligesom korrosion kan spille ind. Den europæiske vejledning CEN TR 13655 indgår og anvendes også, men både den og andre standarder baserer deres krav til koblingsledninger på erfaring, og ikke på en bagved liggende dokumentation.

- Kompensering af temperaturvariationer, dvs. hvor lidt for lave temperaturer modsvares af forhøjede temperaturer over et passende tidsrum (temperaturgymnastik), er i de fleste tilfælde baseret på ældre standarder og vejledninger og uden tilstrækkelig hensyntagen til biofilmens betydning. Det kan være vanskeligt at bekæmpe *Legionella*, når den er en del af biofilmen og/eller i amøber, mens bakterier i vandfasen (planktoniske) lettere kan skylles ud/bekæmpes med biocid eller gennem temperaturbehandling. Der er dog ikke fundet entydigt grundlag for fastlæggelse af disse sammenhænge. På Universitetet i Gent har man arbejdet med termisk/hydrauliske simuleringer i bestræbelserne på at finde optimale løsninger i samspillet mellem legionellasikring og energieffektivisering. Eventuelt kan disse modeller på sigt medvirke til at finde en klar sammenhæng.
- Desinfektion gennem forhøjet temperatur har ofte været anvendt som en forebyggende handling ved anvendelse af 60 - 65 °C for selve varmeanlægget, men dels har det ikke dækket tapstederne, dels har temperaturerne været for lave, da nyere undersøgelser peger på 70 °C som nødvendig for sikring mod biofilm. Så høj en temperatur er dog som nævnt uheldig i Danmark, da den kan bevirke skadelig tilkalkning og korrodering; endvidere kan cyklisk drift med høje temperaturer i uheldige tilfælde føre til termotolerante *Legionella*.
- Med baggrund i udfordringerne vedr. legionellasikring via temperaturen, og den samtidige fokus på energi og klima, er der stigende dansk og udenlandsk opmærksomhed på supplerende at anvende biocid, ultraviolet lys (UV), ozon, mikrofiltre m.m. mod *Legionella*. Det fremgår dog ikke eksplicit af myndighedsvejledningerne, herunder de danske, men i flere vejledninger nævnes vigtigheden af, at metoderne gennem risikovurdering, test eller andet dokumenterer robusthed og sikkerhed og virker helt ud til det fjerneste tapsted. Det vil derfor være nyttigt med en vis myndighedsmæssig præcisering af krav til en sådan dokumentation.
- Det nye EU-drikkevandsdirektiv, der bl.a. er baseret på input fra WHO, anfører krav om øget legionellasikring og gennemførelse af risikovurderinger. Gennem direktivets implementering i de kommende år forventes dette at skærpe kravene vedr. *Legionella* i brugsvandsinstallationer, herunder med henblik på at kunne vurdere såvel nye som ældre installationer baseret på et så statistisk velfunderet grundlag som muligt.

Resultaterne af udredningsarbejdet i del 1 – 3 viste, at for at undgå *Legionella* er der især grundet biofilm ofte behov for højere temperaturer end tidligere erkendt og anvendt. Dette er uheldigt, da samtidig de energi- og klimamæssige udfordringer er blevet yderligere skærpede. Endvidere har det vist sig, at kendskabet til de forhold, som influerer på vækst- og reduktion af *Legionella* stadig er svagt funderet eller uafklaret, herunder fx samspillet med temperaturer og strømningsforhold.

Disse forhold øger behovet for såvel hensyntagen til biofilmen ved temperaturløsninger, som udvikling og nytænkning. Der pågår generelt forskellige teknologiske udviklingstiltag, især vedr. anvendelse af alternativer til temperaturbehandling, herunder biocidtilsætning, UV og filtre. Det går dog forholdsvis langsomt, såvel udviklings som dokumentationsmæssigt, og eksempelvis afventes trods EU-tiltag stadig færdigudvikling af sensorer for måling af *Legionella* on-line i brugsvandsinstallationen.

Resultaterne fra udredningen del 1 – 3 er samlet vurderet og konkluderet i delrapportens afsnit 5. Dette har indgået, dels ved fastlæggelse af vurderingskriterier i projektets risikovurderingsværktøj, som er belyst i del 4, dels som input til de to produktløsninger baseret på hhv. temperaturbehandling og anvendelse af biocid, som er belyst i del 5 og 6. Generelt har resultaterne af udredningen dokumenteret og styrket perspektiverne i disse tiltag.

SUMMARY AND CONCLUSION

The EUDP project J. no. 64020-1099 "Legionellasikring af energieffektivisering for installationer og forsyning", which concerns *Legionella* protection for domestic water installations, includes among other things, three investigation reports, parts 1 – 3.

Parts 1 and 2, which are based on the more research-based results regarding the individual influence parameters and covers the geographical research, including the finding of a relatively high and increasing Danish incidence of Legionnaires' disease as well as a geographically skewed distribution.

Part 3 includes an investigation of partly Danish and foreign authority requirements, instructions etc., partly projects and investigations regarding *Legionella* and domestic water installations, including highlighting the challenge that *Legionella* protection is for energy savings, climate, environment, and economy.

Finally, the consequences of the results from parts 1 – 3 for the further work are assessed. In connection with this, some concepts regarding temperature/biocide treatment and flow conditions, including "dead ends".

Based on the investigation for part 3, the project group drew the following conclusions:

- In Denmark and abroad, *Legionella* prevention is primarily handled by using an appropriate temperature for the domestic water. However, this is particularly challenging in relation to the current energy and climate crisis. This is because the temperature caused by *Legionella* is at least 50 °C, where the comfort requirement is approx. 45 °C, which causes a large additional energy consumption due to heat loss. This challenge is gaining increasing importance especially due to increased interest in district heating and heat pumps based on renewable energy, where the use of low temperature is central. An analysis of the additional costs/savings potential related to *Legionella* is lacking, but a previously studies show a total unutilized loss from domestic water systems of 20 PJ/year due to water temperature and poor insulation. At the same time, publised articles have estimated a total extra energy consumption in Denmark from inefficient domestic water installations corresponding to an expense of up to DKK 6 billion DKK annually.
- There are significant differences in the *Legionella* related temperature requirements for domestic water installations in the various countries, despite several coordination measures. The current Danish authority requirements for temperatures of 50 °C at the tapping point and 55 °C in the heating part are on the lower end compared to other countries' temperature requirements, but they are considered acceptable.
- The biggest Danish challenge is assessed to be that the requirements are often not complied with in practice, which applies to both old and new facilities. For the small facilities this may be due to a misconception, as previously the perception was that small installations were not as critical as large installations. Non-compliance with the temperature requirements for old installations is often due to the system not being properly regulated or equipped with circulation valves ensuring the correct temperature in the entire circulation circuit.
- The current Danish requirements, which are laid down through the BR (Building Regulations) and the Rørcenter instructions, partly include the common European standards that exist in the area, but the Danish requirement for a maximum temperature of 65 °C deviates, as it was added because of the high lime content in the Danish groundwater, as well as corrosion can play a role. The European guide CEN TR 13655 [2012 CEN] is also included and used, but

both it and other standards base their less restrictive requirements for connecting pipes on experience and not on a formal documentation.

- Compensation of temperature variations, i.e. when slightly too low temperatures are counterbalanced by increased temperatures over a suitable period of time (temperature gymnastics), is in most cases based on older standards and guidelines and without sufficient consideration of the importance of the biofilm. It can be difficult to combat *Legionella* when it is part of the biofilm and/or in amoebae, while bacteria in the water phase (planktonic) can be more easily washed out/combated with biocide or through temperature treatment. However, no clear basis has been found for establishing these relationships. At the University of Ghent, they have worked with thermal/hydraulic simulation models in the effort to find optimal solutions in the interaction between *Legionella* protection and energy efficiency. Eventually these models can help to find the relationships.
- Disinfection through elevated temperature has often been used as a preventive measure when using 60 - 65 °C for the heating system itself, but partly it has not covered the tap points, partly the temperatures have been too low, since recent studies point to 70 °C as necessary for protection against biofilm. However, as mentioned, such a high temperature is unfortunate in Denmark, as it can cause harmful calcification and corrosion, just as cyclic operation with high temperatures can lead to thermotolerant *Legionella*.
- Based on the challenges regarding *Legionella* protection via the temperature, and the simultaneous focus on energy and climate, there is increasing Danish and foreign attention to the additional use of biocides, ultraviolet light (UV), ozone, microfilters, etc. against *Legionella*. This is not explicitly stated in the authorities' guidelines, including the Danish ones, but several guidelines mention the importance of the methods documenting robustness and safety through risk assessment, testing or other means and working all the way to the farthest tap point. It would therefore be useful to have some official clarification of the requirements for such documentation
- The new EU drinking water directive, which i.a. is based on input from WHO, requires increased *Legionella* protection and execution of risk assessments. This will, according to the directive's implementation in the coming years tighten the requirements regarding *Legionella* in domestic water installations, including with a view to being able to assess both new and older installations based on as statistically sound a basis as possible.

The results of the investigative work in parts 1 – 3 have shown that to avoid *Legionella*, especially due to biofilm, higher temperatures are often needed than previously recognized and used. This is unfavourable, as at the same time the energy and climate challenges have further intensified. Furthermore, it has been shown that the knowledge of the conditions that influence the growth and reduction of *Legionella* is still poorly founded or unclear, including, for example, the interaction with temperatures and flow conditions.

These conditions increase the need for both consideration of the biofilm in temperature solutions, as well as development and innovation. In general, various technological development initiatives are underway, especially regarding use of alternatives to temperature treatment, including biocide addition, UV and filters. Unfortunately, it is a relatively slow process, both in terms of development and documentation. For example, despite EU measures, the final development of sensors for measuring *Legionella* on-line in the domestic water installation is still awaited.

2023-03-23

The results from the investigation part 1 to 3 are collectively assessed and concluded in section 5 of this report. This has been included, partly when determining assessment criteria in the project's risk assessment tool, which will appear in part 4, partly as input to the two product solutions based on temperature treatment and use of biocide, which is under development and demo, and which will appear in parts 5 and 6. In general, the results of the investigation have documented and strengthened the perspectives of these measures.

DETALJERET INDHOLDSFORTEGNELSE DEL 3

1 INDLEDNING VEDR. DELRAPPORT 3	8
1.1 Projektets formål og opdeling i delaktiviteter og -rapporter	
1.2 Delrapport 3 om myndighedskrav samt tekniske og energimæssige forhold	
2 DANSKE KRAV, VEJLEDNINGER OG UNDERSØGELSER	9
2.1 Byggelovens krav til brugsvandsinstallationers udførelse og drift	
2.2 Bygningsreglementets præciserende krav til brugsvandsinstallationer og legionellasikring	
2.3 Supplerende vejledninger mv. vedr. brugsvandsinstallationer og legionellasikring	
2.4 Anvisninger vedr. bedømmelse af <i>Legionella</i> i brugsvand og prøvetagning	
2.5 Anvisning om risikovurdering for <i>Legionella</i> i brugsvandsinstallationer	
2.6 Afhjælpende foranstaltninger/desinfektion mod <i>Legionella</i>	
2.7 Danske undersøgelser vedr. små brugsvandsvekslere og brusere	
2.8 Nyere undersøgelser og tiltag vedr. danske brugsvandsinstallationer og <i>Legionella</i>	
2.9 De energi- og klimamæssige aspekter angående <i>Legionella</i> og brugsvand	
3 EUROPÆISKE KRAV, VEJLEDNINGER OG UNDERSØGELSER	29
3.1 EU's Drikkevandsdirektiv fra 2020 med krav vedr. <i>Legionella</i> og risikovurderinger	
3.2 Europæiske CEN-standarder EN 806 og EN 1717	
3.3 Europæiske guidelines fra CEN og ESCMID/ESGL	
3.4 De energi- og klimamæssige aspekter angående <i>Legionella</i> europæisk set	
3.5 Tyske krav og vejledninger - og misforståelsen angående små brugsvandsvekslere	
3.6 Nordiske krav og vejledninger - samt undersøgelser for små brugsvandsvekslere	
3.7 Belgisk simuleringsmodel for <i>Legionella</i> i brugsvandsinstallationer	
4 INTERNATIONALE KRAV, VEJLEDNINGER OG UNDERSØGELSER	43
4.1 WHO med fokus på det sundhedsmæssige	
4.2 Nogle oversøiske landes myndighedskrav og undersøgelser	
4.3 IEA Guidelines dækkende lavtemperatur-fjernvarme og legionellaudfordringer	
5 SAMLET VURDERING OG KONKLUSION FOR DEL 1 - 3	51
5.1 Store samfundsinteresser i legionellasikring ved lavest mulige temperaturer	
5.2 Temperatur- og biocidbehandling samt døde ender er centrale problemstillinger	
5.3 De danske temperaturkrav er udfordrede – især i praksis	
5.4 Biocid ved desinfektion og som basis ved lave temperaturer	
5.5 Produktløsninger med indbygget overvågning bedre end store kontrolsystemer	
5.6 Basis for risikovurderinger og det videre arbejde	
5.7 Konklusioner og begreber vedr. legionellasikring af brugsvandsinstallationer	
REFERENCER	67
BEGREBER OG FORKORTELSER	72

1 INDLEDNING VEDR. DELRAPPORT 3

1.1 Projektets formål og opdeling i delaktiviteter og -rapporter

Formålet med projektet "Legionellasikring af energieffektivisering for installationer og forsyning" (EUDP J. nr. 64020-1099) er beskrevet i delrapport 1, afsnit 1, sammen med opdeling i følgende 6 delrapporter (dele):

1. *Lokale influensparametre for Legionella i brugsvandsinstallationer*, der omhandler de forskellige influensparametre og deres specifikke betydning for udvikling af *Legionella*
2. *Incidens af legionærsygdom og mulig geografisk influens*, der belyser den geografisk fordelte incidens og undersøger mulige årsager til den meget betydelige danske variation.
3. *Myndighedskrav samt undersøgelser vedr. brugsvandsinstallationers legionella- og energiforhold*, der udreder myndighedskrav, anvisninger, vejledninger og F&U-undersøgelser med fokus på brugsvandsinstallationer, *Legionella* og energiforhold. Afsluttende med samlet vurdering og konklusion for del 1 - 3.
4. *Legionella-risikovurderinger og -ressourcekonsekvenser*, der omhandler udvikling af et værktøj for vurdering af risiko for *Legionella* i brugsvandsinstallationer og belyser konsekvenser for energi, klima, miljø og økonomi. Afsluttes med sammenfattede forbedringspotentialer.
5. *El-booster til legionellasikring og overvågning af brugsvandsinstallation*, der omhandler udvikling og demonstration af løsning for temperaturkontrol og styring.
6. *HOCL – den oversete energibesparelse*, der omhandler udvikling og demonstration af nyt setup for biociddosering med hypoklorsyre (HOCL).

Del 1 -3 belyser resultaterne af den gennemførte udredning vedr. *Legionella* i brugsvandsinstallationer, og danner baggrund for dels arbejdet med legionella-risikovurderinger og -energikonsekvenser i del 4, dels de to produktløsninger beskrevet i del 5 og 6.

1.2 Delrapport 3 om myndighedskrav samt tekniske og energimæssige forhold

Delrapport 3 omhandler resultaterne af en udredning vedr. de forskellige myndighedskrav, standarder, anvisninger, vejledninger mv. og tager afsæt i de sundheds- og installationsmæssige forhold vedr. *Legionella* og brugsvandsinstallationers udførelse og drift. Disse krav stilles normalt af bygningsmyndighederne og er det centrale fokuspunkt for nærværende projekt og dets arbejde med risikovurdering, hvorimod krav om udtagning af vandprøver for analyse og kontrol af om driftsforholdene er tilfredsstillende kun er omtalt sporadisk.

Ligeledes omhandles F&U-projekter, -udredninger og artikler, som med afsæt i det installationsmæssige vedrører legionella-problematikken, herunder med sigte på energiforbrug, klima- og miljøpåvirkninger samt samfundsøkonomi.

I afsnit 2 er de danske forhold belyst, i afsnit 3 de europæiske, og i afsnit 4 de internationale forhold. Endelig er i afsnit 5 foretaget en sammenligning mellem forskellige landes krav vedr. *Legionella* og brugsvand, ligesom konklusioner fra del 1 og 2 er inddraget.

2 DANSKE KRAV, VEJLEDNINGER OG UNDERSØGELSER

2.1 Byggelovens krav til brugsvandsinstallationers udførelse og drift

Byggeloven [2016 Byggeloven] er den overordnede danske rammelov for byggeri og skal sikre, at bygninger opføres, så de overholder kravene om sikring mod brand, sikkerhed, sundhed m.m. Loven skal også sikre, at bygninger opføres med en tilfredsstillende kvalitet, og at de vedligeholdes forsvarligt.

Det er grundlæggende ejeren af ejendommen, som har ansvaret for at sikre at byggeloven følges, men er brugeren en anden end ejeren vil vedkommende have et medansvar, jf. byggelovens § 17: *Det påhviler den til enhver tid værende ejer af en ejendom at berigtige forhold, som er i strid med denne lov eller de i medfør af loven udfærdigede forskrifter. Består forholdet i en ulovlig brug af ejendommen, påhviler pligten tillige brugeren.*

For de delkomponenter eller varer, som indgår i byggeriet gælder jf. § 31 om markedskontrol:

- *”Stk. 2. Ministeren kan påbyde producenten eller enhver, der har bragt en vare i omsætning, at bringe et forhold, der ikke opfylder de krav, der er fastsat i denne lov, og regler fastsat i medfør af denne lov eller i Det Europæiske Fællesskabs forordninger, i orden inden for en given frist.*
- *Stk. 3. Bringes et ulovligt forhold ikke i orden inden tidsfristen, jf. stk. 2, kan transport- og bygningsministeren påbyde producenten eller enhver, der har bragt varen i omsætning, at*
 - 1) tilbagetrække varen med henblik på at forhindre, at et ulovligt produkt distribueres eller markedsføres, indtil det ulovlige forhold er bragt til ophør,*
 - 2) tilbagekalde varen med henblik på returnering af et ulovligt produkt, som producenten eller distributøren tidligere har leveret eller stillet til rådighed for forbrugere, virksomheder m.v., indtil det ulovlige forhold er bragt til ophør, eller*
 - 3) sørge for, at byggevaren eller installationen fjernes fra en bygning eller et anlægsarbejde, hvor varen allerede er anvendt.*

Byggeloven angiver de overordnede krav til byggeriet, mens de konkrete tekniske krav mv. er beskrevet i det omhandlede Bygningsreglement, jf. Byggelovens ”§ 5:Transport- og bygningsministeren udfærdiger et bygningsreglement med regler om de i §§ 6-13 omhandlede forhold samt om forhold, som loven i øvrigt indeholder hjemmel til.

Fra Bygningsreglementet kan derudover være henvist til forskellige normer, anvisninger og vejledninger, som sikrer opfyldelse af Bygningsreglementets krav.

Sammenhængen mellem Byggeloven, Bygningsreglementet og de relevante normer, anvisninger og vejledninger, som er gældende for brugsvandsinstallationer med varmt vand, er illustreret på figur 2-1. De afledte dokumenter er nærmere gennemgået i delrapportens efterfølgende afsnit.



Figur 2-1 Den danske byggeslovgivning i relation til installationer for varmt brugsvand.

2.2 Bygningsreglements (BR18) krav til brugsvandsinstallationer og legionellasikring

Bygningsreglementet, aktuelt "BR18" [2019 BR18], er jf. afsnit 2.1 en bekendtgørelse (nr. 1399 af 12/12/2019). Vandinstallationer – inkl. med betydning for brugsvandsinstallationer med varmt vand - er omfattet af §403 – 419. Herunder er der vedr. sikring mod *Legionella* er henvist til dokumenterne DS 439 Norm for vandinstallationer (Vandnormen) og Rørcenteranvisning 017.

Fra de mest relevante paragraffer i BR18 skal anføres:

- *§403 Bygninger skal have vandforsyning passende til bygningens og installationens anvendelse. Projektering, udførelse, drift og vedligehold af vandinstallationer skal ske under hensyn til, at:*
 - 1) *der ikke opstår risiko for personers sundhed eller komfortmæssige gener.*
 - 2) *der ikke sker skader på personer, installationer eller bygningsdele.*
 - 3) *der ikke sker unødigt forbrug af vand og energi.*
- *§ 404 Vandinstallationer skal projekteres og udføres, så der er vandforsyning til de enkelte tapsteder. Dette skal ske under hensyn til forsyningsforhold samt til bygningens og installationens anvendelse.*

Stk. 2. Vandinstallationer skal dimensioneres som anvist i DS 439 Norm for vandinstallationer, afsnit 2, eller på en måde, som på tilsvarende vis sikrer vandforsyning til de enkelte tapsteder under hensyn til bygningens og installationens anvendelse, jf. stk. 1.

- *§ 405 Vandinstallationer skal projekteres og udføres, så:*
 1. *De kan fungere uden risiko for personers sundhed som følge af bakterievækst, herunder Legionella i vandet.*
 2. *Placeringen og fastgørelsen ikke medfører generende rystelser eller skader på bygningsdele eller installationer.*
 3. *De beskyttes mod frost.*
 4. *Utsigtet ind- og udsivning undgås.*
 5. *De kan modstå normalt forekommende statiske, dynamiske, kemiske og termiske påvirkninger.*
 6. *Der ikke opstår risiko for sprængninger eller skadeligt tryk og trykstød.*
 7. *Der ikke opstår korrosion og aflejringer, der kan forringe kapaciteten.*
 8. *De har en holdbarhed i forhold til deres placering og muligheden for udskiftning.*
 9. *Der ved rørgennemføringer ikke spredes generende støj, fugt og lugt.*
 10. *De kan renses, betjenes og vedligeholdes i fornødent omfang. Komponenter, der kræver betjening, eftersyn eller vedligehold, skal være let tilgængelige, så dette kan ske på en hensigtsmæssig og forsvarlig måde.*

Stk. 2. Stk. 1, nr. 1, kan opfyldes ved at følge [Rørcenteranvisning 017 Legionella - Installationsprincipper og bekæmpelsesmetoder](#)

Yderligere fremgår i §411 nogle legionellarelaterede temperaturkrav krav:

- *§ 411 Anlæg til produktion af varmt brugsvand skal under hensyn til varmtvands-tapstedernes antal og anvendelse kunne yde en tilstrækkelig vandmængde og vandstrøm. Vandinstallationen skal udformes, så temperaturen på det fremførte vand i alle dele af vandinstallationen under den forudsatte brug ikke falder til under 50 °C.*

Ved tapstederne skal den forudsatte temperatur være til stede uden besværende ventetid under hensyn til energiforbrug, vandforbrug og hyppigheden af installationens brug.

Ved spidsbelastning, som ikke er omfattet af den forudsatte brug, må vandtemperaturen ikke falde til under 45 °C. Der skal samtidig tages hensyn til bakteriebekæmpende tiltag, hvilket kan anses som opfyldt ved at følge Rørcenteranvisning 017 Legionella - Installationsprincipper og bekæmpelsesmetoder.

I den tidligere BR-udgave fra 2018 stod blot: *Anlæg til produktion af varmt brugsvand skal under hensyn til varmtvandstapstedernes antal og anvendelse kunne yde en tilstrækkelig vandmængde og vandstrøm med en temperatur, der passer til formålet. Ved de tapsteder, hvor der er behov for varmt vand, skal der være en passende varmtvandstemperatur til stede uden besværende ventetid under hensyn til energiforbrug, vandforbrug og hyppigheden af installationens brug.*

Endelig er der i §412 anført nogle maksimale vandtemperaturer, som kan have betydning ved desinfektion af brugsvandsinstallationer med vand ved høje temperaturer:

- *Vandinstallationer skal projekteres og udføres, så der ved tapning af vand ikke opstår risiko for skoldning, og så der ikke forekommer overfladetemperaturer, der kan medføre skader på personer.*

Biocidbehandling er ikke omtalt i den danske lovgivning, men til 2019 var der indirekte mulighed for at anvende det som kompenserende til temperaturbehandling.

2.3 Supplerende vejledninger mv. vedr. brugsvandsinstallationer og legionellasikring

Fra Bygningsreglementet (BR) er der mht. brugsvandsinstallationer og *Legionella* givet detaljering af kravene samt anført eksempler på opfyldelse af kravene via henvisning til følgende vejledninger og anvisninger:

- Bygningsreglementets vejledning om vand, https://bygningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/21/Vejledninger/Vejledning_vand (august 2022).
- Rørcenter-anvisning 027 Vandinstallationer - Eksempelsamling til bygningsreglementets afsnit 21 og 24, december 2018 [2018 Rørcenter-anvisning 027].
- Rørcenteranvisning 017 Legionella - Installationsprincipper og bekæmpelsesmetoder, 2nd udgave, maj 2019 (Vejledning om legionella) [2019 Rørcenter anvisning 017].
- Rørcenter-anvisning 015 Tilbagestrømningssikring af vandforsyningsystemer, oktober 2009 (Vejledning om tilbagestrømningssikring af vandforsyningsystemer) [2009 Rørcenter anvis.015].

I disse indgår samtidig hel eller delvis henvisning til relevante standarder, dels DS 439, Norm for vandinstallationer [2009 DS 439 Vand], dels de europæiske EN 806-5 og EN 1717, se afsnit 3.2

Bygningsreglementets vejledning om vand angiver, at *"For vandinstallationer findes en dansk standard, DS 439, Norm for vandinstallationer, som er fra 2009. Flere af afsnittene i vandnormen er forældet, hvorfor der kun henvises til dele af normen i BR18, som reelle krav. Normen kan dog foruden de dele, som er direkte krav i bygningsreglementet benyttes som vejledning til, hvordan installationerne kan udføres"*.

DS 439 har hidtil været anvendt således:

- Kravene er angivet i Bygningsreglementet i form af funktionskrav, hvorfor det er dem der er lovgivningen der skal overholdes. Kravene i Bygningsreglementet sætter det **niveau** der skal overholdes.
- Såfremt vejledningerne i fx DS 439 hidtil har været fulgt, har man kunnet regne med at kravene (**niveauet**) i Bygningsreglementet er opfyldt.
- Der har IKKE været krav om, at vejledningerne i fx DS 439 skulle følges, men ved valg af andre metoder har man skullet dokumentere at kravene i Bygningsreglementet er opfyldt.

Af vejledningen om vand fremgår endvidere under "Generelt for vandinstallationer", at:

- *Ved projektering af vandinstallationer, skal der vælges en metode for sikring mod bakterier, herunder Legionella i vandinstallationen. Metoden kan være en kombination af korrekt projektering og udførelse af anlæg samt krav til vedligeholdelse og drift. I vurderingen af metodevalg skal anvendelsen og brugergruppen af den konkrete bygning indgå.*
- *Ved vurdering af varmtvandstemperaturen i installationerne og ventetiden på, at det varme vand når ud i den enkelte installation, skal risikoen for Legionella indgå.*
- *Det har desuden vist sig, at anvendelsen af nogle materialer som eksempelvis naturgummi og visse former for syntetisk gummi kan bidrage til bakterievækst, herunder legionellavækst.*

Under "Sikring af vandkvalitet" anføres, at:

- *Hvor installationer for drikkevand kan komme i berøring med sundhedsskadelige stoffer, udføres installationerne på en sådan måde, at der ikke kan opstå sundhedsfare.*

- *Såfremt der er risiko for, at drikkevandsinstallationen kan komme i berøring med flydende eller luftformige stoffer, som er under et højere tryk end det i vandledningsevnen, er det vigtigt at installationen udformes på en sådan måde, at risikoen for indtrængning ved korrosion mm. bliver adresseret. Ovenstående gælder fx for beholdere tilsluttet direkte fjernvarmeanlæg, eller termiske solvarmeanlæg.*
- *Ved anvendelse af en tømmeanordning skal denne udføres og placeres med henblik på at modvirke indtrængning af forurenende organismer og stoffer. Dette gør sig bl.a. gældende ved tanke og beholdere.*
- *Vandledninger må ikke tilsluttes direkte til afløbsinstallationer.*
- *DS/EN 1717 giver eksempler på, hvordan bestemmelsen omkring tilbagestrømningssikringer kan opfyldes. Rørcenter-anvisning 015 samler eksisterende viden om tilbagestrømningssikringer og angiver retningslinjer for valg af tilbagestrømningssikring.*
DS/EN 806-5 giver eksempler på drift og vedligehold af tilbagestrømningssikringer.”

Inddragelsen af de europæiske standarder EN 806-5 og EN 1717, der er nærmere belyst i afsnit 3, er således primært sket som eksempler, mens kravet om temperaturer op til 70 °C er fraveget og reduceret til 65 °C især aht. skoldningsfare.

Under ”Koldt vand” anføres, at:

- *Vandinstallationer udføres således, at en passende koldt vandstemperatur er til stede uden besværende ventetid.*
- *Vandinstallationer udføres således, at generende overstrømning fra varmtvands- til koldt vandsinstallationen ikke kan forekomme.*
- *Utilsigtet opvarmning af koldt vand skal i videst muligt omfang undgås.*

Under ”Varmt vand” anføres, at:

- *Temperaturen på det varme vand skal ved normal drift overalt i installationen være minimum 50 °C. Det varme vand skal uden besværende ventetid være til stede ved tapstedet, alt efter den projekterede anvendelse af tapstedet. Centralt placerede fordelingsrør med koblingsledninger i handelsdimension $\varnothing 15$ på under 15 m anses normalt for ikke at medføre en besværende ventetid. Vandbesparende taparmaturer vil medføre længere ventetid. For andre typer af tapninger vil det være nødvendigt at foretage en vurdering af den enkelte installation.*
- *Behovet for varmt vand ved alle tapsteder bør overvejes. For tapsteder med et lille vandforbrug og lange koblingsledninger bør lokal opvarmning overvejes.*
- *Visse steder, som fx brusepladser i børnehaver samt nogle plejeafdelinger bør det sikres ved blanding på tapstedet, at vandtemperaturen ikke kan overstige 38 °C. Blandekredse med lav temperatur bør undgås.*

For selve opvarmningsdelen fremgår af BR, at man skal opfylde kravene i DS 469 Varme og køleanlæg I bygninger, dvs.:

- *Afsnit 6.7 Brugsvandsopvarmning: Varmeanlægget skal dimensioneres for en brugsvandsopvarmning med en varmt vandstemperatur fra vandvarmer på 55 °C og en koldt vandstemperatur på 10 °C ved tapning af varmt brugsvand med dimensionerende vandstrøm. NOTE: Se DS 439 vedrørende dimensionering af brugsvandsanlæg. NOTE: Jf. DS 439 bør vandet i vandvarmere af hensyn til risiko for bakterievækst kunne opvarmes til mindst 60 °C. Dette kan fx ske ved ekstraordinært at kunne hæve varmetilførslen til vandvarmeren eller ved at placere et elvarmelegeme i vandvarmeren.*

- *Afsnit 6.9.1 Dimensionerende temperaturer: Brugsvandsopvarmning skal dimensioneres for en fremløbstemperatur på højst 60 °C og en returløbstemperatur på højst 30 °C ved tapning af varmt brugsvand med dimensionerende vandstrøm, varmtvandstemperatur fra vandvarmer på 55 °C og koldt vandstemperatur på 10 °C. For anlæg tilsluttet fjernvarme gælder de dimensionerende frem- og returløbstemperaturer ved fjernvarmestikkets hovedhaner.*

Rørcenter-anvisning 027 Vandinstallationer går i dybden med flere områder inden for bygningsreglementets kapitel om vand. Såfremt anvisningen følges, opnås en god sikkerhed for at overholde bygningsreglementets krav inden for disse områder.

Der er i anvisningen også angivet eksempler på isolering af koldt vandsledninger i skakte, dvs. så temperaturen ikke bliver for høj i relation til *Legionella*, se tabel 2-1. Forslagene tager afsæt i svenske anbefalinger, herunder krav om en maximal vandtemperatur på ca. 23 °C,

Isoleringstykkelse mm ($\lambda = 0,037\text{W/m,K}$)	Koldt vandstemperatur efter 8 timer [°C]				
	10	20	40	50	60
22 mm KV/VV				23,7	23,2
22 mm Samisolerede VV og VVC			23,3	23	22,5
28 mm KV/VV				22,7	22
35 mm KV/VV			22,2	21,0	20,2
42 mm KV/VV		23,7	21,8	18,6	17,8

Tabel 2-1 Eksempler på rørstørrelser og isoleringstykkelser [Fig. 3.18 i 2019 Rørcenteranvisning 027].

Rørcenter-anvisning 017 Legionella - Installationsprincipper og bekæmpelsesmetoder

Formålet med denne anvisning er at give et overblik over dels mulighederne for at forhindre opformering af *Legionella* i varmt brugsvandsinstallationer, dels bekæmpelsesmetoder.

Rørcenter-anvisningen har følgende hovedindhold:

- En gennemgang og uddybning af de regler og krav og vejledninger vedr. forhindring af opformering af *Legionella* i varmt brugsvandsinstallationer der er beskrevet i BR18, DS 439 samt andre eventuelle relevante vejledninger med uddybende eksempler.
- En gennemgang af hvordan en risikovurdering af installationer bør udformes, samt hvem der har ansvar for de enkelte delelementer som risikovurderingen bør indeholde.
- En beskrivelse og oversigt over de forskellige kendte typer af metoder til bekæmpelse af *Legionella* i varmtvandsinstallationer, samt en vurdering af metodernes effektivitet og af risiko ved anvendelse.

Anvisningen indeholder en række særlige forhold vedr. brugsvandsinstallationer og legionellasikring og baseret på følgende afsnit:

1. Indledning
2. Problemstilling med *Legionella*
3. Lovgivning
4. Projektering og installation
5. Installationstyper
6. Drift og vedligeholdelse
7. Risikoanalyse
8. Metoder til bekæmpelse af *Legionella*.

Der er i anvisningen angivet installationseksempler både med cirkulation og uden cirkulation (koblingsledninger). CEN/TR 16355, se afsnit 3.3 er nævnt i anvisningen, men danner ikke grundlag for konkrete anbefalinger.

Der fremgår, at anvisningen bl.a. bygger på input fra følgende, tidligere gennemførte danske undersøgelser:

- 2000 Bagh L. Checkliste til forebyggelse af bakterievækst og herunder forekomst af Legionella i varmtvandsinstallationer. Teknologisk Institut 2000.
- 2000 Legionella-i-varmt-brugsvand.pdf, SSI, 2000.
- 1998 Bagh L. Mikrobiologisk vandkvalitet i varmtvandsinstallationer. PhD afhandling. SBI-rapport 298, Statens Byggeforskningsinstitut - Institut for miljøteknologi, DTU, 1998.
- 1995 Råd & anvisninger om Legionella. Statens Serum Institut, 1995.

Anvisninger vedr. vandets trykforhold

I Danmark regner man bl.a. i DS 439 med at komponenter mv. i en vandinstallation kan klare mindst 10 bars tryk. Vandforsyningstrykket kommer normalt ikke op i nærheden af dette makstryk.

Vandværkstrykket i Danmark kan normalt regnes for at ligge stabilt i de enkelte områder. I området, hvor der stadig er vandtårne, svinger vandtrykket over døgnet med fra 0,5 – 1 bar.

Der er ikke inden for disse rammer vurderet særlig legionellainfluens.

Anvisninger vedr. dimensionering og indregulering for flow og cirkulation

I henhold til DS 439-2000, eller tidligere udgaver, dimensioneres cirkulationskredse på følgende måde:

- Fremløbsladninger for det varme brugsvand dimensioneres efter vandnormen, idet det er vandstrømmene til tapstederne der er dimensionsgivende for rørledningerne.
- Cirkulationsledningerne (returledningerne) dimensioneres som alm. varmeanlæg dvs. bl.a. efter det tryk der er til rådighed.
- Tryktabet i hovedledninger og cirkulationskreds bestemmes ud fra den cirkulerede vandstrøm $q_{\text{cirk.}}$, der bestemmes ud fra varmetabet i rørsystemet.
- $q_{\text{cirk}} = W_{\text{cirkulationstab}} \times 0,86 / \Delta t$.
- Δt sættes normalt til mellem 5 – 7 °C i brugsvandscirkulationssystemer.
- $W_{\text{cirkulationstab}}$ beregnes for den samlede cirkulationskreds for at beregne pumpeeffekten (samlet flow), og/eller for de enkelte delstrækninger for at sikre tilstrækkeligt flow i disse.
- Varmetabet i rørsystemet bestemmes af isoleringen af rørsystemet, varmtvandstemperaturen og rørdimensionen. Varmetabet er en central faktor i forbindelse med cirkulationssystemet (Δt).
- Vandhastighed i delstrækningerne – FLOW - findes fx ved hjælp af et tryktabsnomogram eller tilsvarende.

Anvisning vedr. indregulering af cirkulationskredsen og cirkulationsventiler

Dette er belyst i Rørcenteranvisning 017, jf.:

- *Det skal sikres, at cirkulationskredsen er korrekt indreguleret, eller at der anvendes cirkulationsventiler af en type der sikrer at der altid kan måles en temperatur på over 50 °C i den samlede cirkulationskreds.*

Det er vigtigt, at cirkulationskredsen er indreguleret, så der er både tilstrækkeligt flow i kredsen, men også at temperaturen kan holdes i alle dele af installationen. Valget af cirkulationsventiler skal overvejes nøje ud fra ovenstående betragtninger.

Anvisninger vedr. vandhastigheder for forebyggelse af biofilm:

Dette er ikke belyst i de gældende standarder, men i BY-ERFA-blad 17029 er anført:

- *For at forebygge generende slimdannelse af biofilm i varmtvandsrør anbefales mindst 50 °C og konstant vandhastighed 0,05 m/s så langt frem til aftapningsstedet som muligt og natsænkning frarådes.*

Af anvisningen fremgår:

- *Denne anvisning er baseret på muligheden for at lave en korrekt indregulering af cirkulationskredsen, men ikke ud fra viden om opbygning af biofilm*. Det er vigtigt, at cirkulationskredsen er indreguleret så der er både tilstrækkeligt flow i kredsen, men også at temperaturen kan holdes i alle dele. Valget af cirkulationsventiler skal overvejes nøje ud fra ovenstående betragtninger.*

* Den krævede vandhastighed på 0,05 m/s er ikke fastlagt ud fra krav vedr. biofilm men for at sikre tilstrækkeligt flow for indregulering.

Anvisninger angående andre installationsmæssige forhold herunder ”døde ender”

Fra ”Bygningsreglementets vejledning om vand” fremgår:

- *Ved projektering af vandinstallationer, skal der vælges en metode for sikring mod bakterier, herunder Legionella i vandinstallationen. Metoden kan være en kombination af korrekt projektering og udførelse af anlæg samt krav til vedligeholdelse og drift. I vurderingen af metodevalg skal anvendelsen og brugergruppen af den konkrete bygning indgå.*
- *Ved vurdering af varmtvandstemperaturen i installationerne og ventetiden på, at det varme vand når ud i den enkelte installation, skal risikoen for Legionella indgå.*
- *Det har desuden vist sig, at anvendelsen af nogle materialer som eksempelvis naturgummi og visse former for syntetisk gummi kan bidrage til bakterievækst, herunder legionellavækst.*

Samt vedr. vandets henstand i rørene:

- *Ved henstand vil vand over tiden ændre kvalitet. Dette kan have flere årsager som fx bakterievækst, migration fra installationer eller misfarvning.*
- *For at sikre en god vandkvalitet i vandinstallationer, skal det sikres, at der ikke er ubenyttede ender i systemet eller dele fra systemet, hvor der ikke er forbrug af vand gennem længere tid. Det bør ligeledes vurderes, om der er installationer, hvor behovet for varmt vand ikke er tilstede og kan undlades.*
- *Dele af en vandinstallation, der ikke længere benyttes, skal afmonteres. Afmonteringen skal ske umiddelbart ved afgreningen fra den del af installationen, der er i brug.*

- Såfremt en del af en vandinstallation i mere end et år kan forventes at være ubenyttet bør den kunne afspærres fra den øvrige installation og tømmes, undtaget herfra er dog brandslukningsinstallationer.

Det sidste vedrører de såkaldte ”døde ender”, hvor vandet af forskellige årsager er stillestående i kortere eller længere periode. Heri indgår også hensyntagen til døde ender fx forårsaget af nedlukning af anlægget, fx ifm. ferie og Covid-19.

2.4 Anvisninger vedr. bedømmelse af *Legionella* i brugsvand og prøvetagning

I de foregående afsnit er anført krav og anvisninger til, hvordan en brugsvandsinstallation udføres og drives med henblik på at undgå *Legionella*.

Såfremt en brugsvandsinstallation udviser legionellaforekomst ved dyrkning (se Del 2 afsnit 2.2 og 2.3) har Staten Serum Institut – med delvist afsæt i WHO’s rekommandationer (se afsnit 3.1) løbende givet anbefalinger vedr. den maksimale tilstedeværelse i af *Legionella* i brugsvandsinstallationer.

I rapporten ”*Legionella* i varmt brugsvand – Overvågning, udredning og forebyggelse af legionærsygdom” fra 2000 [2000 SSI], der er en vejledning rettet mod embedslæger og kommunernes tekniske forvaltninger, er der foreslået de i tabel 2-2 anførte reaktionsgrænser for handling.

Legionella cfu/liter	Handlingskonsekvens/reaktion
10 - < 1000	Lavt tal - dog udtryk for at legionellabakterier kan vokse i systemet.
1000 - <10.000	Lavt til moderat antal bakterier. Det skal overvejes, om der kan foretages enkle forbedringer af anlægget, fx driftstemperaturer, fjernelse af døde ender.
10.000 - < 100.000	Forholdsvis højt bakterietal. Det skal overvejes, om der kan foretages forbedringer af anlægget og/eller desinfektion. Situationen overvåges.
≥ 100.000	Meget højt bakterietal. Anlægget bør gennemgås med henblik på afhjælpende foranstaltninger.

Modificeret efter Morris GK & Shelton BG. 1994.

cfu = colony forming units (kolonidannende bakterieenheder)

Kilde: SSI Legionella i varmt brugsvand [2000 SSI]

Tabel 2-2 Forslag til reaktionsgrænser for påvisning af *Legionella* i varmtvandsanlæg i boliger.

Hvor der grunde højt indhold af *Legionella* kræves handling, er opfølgningen yderligere – og med inddragelse af bl.a. anvisninger fra ESGLI’s European Technical Guidelines, se afsnit 3.3 – præciseret i ”*Legionella* vejledning – risiko og tolkning af vandanalyser” [2016 SSI], jf. tabel 2-3.

Reaktions grænser efter Legionella prøvetagning i varmt og koldt vand systemer	
Legionella bakterier (cfu/liter)	Handling påkrævet
Flere end 1000, men mindre end 10.000 (>1000, men < 10.000)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hvis en mindre del af prøverne (10-20 %) i systemet er positive, skal der tages opfølgende prøver. Hvis et lignende antal genfindes, bør der laves en gennemgang af kontrolforanstaltninger og risikovurdering bør udføres for at identificere eventuelle afhjælpende foranstaltninger. 2. Hvis størstedelen af prøverne er positive, er systemet muligvis koloniseret med Legionella, om end i lavt antal. Desinfektion af systemet skal overvejes, men der bør udføres en umiddelbar gennemgang af kontrolforanstaltningerne. En risikovurdering bør udføres for at identificere eventuelle andre relevante afhjælpende foranstaltninger.
Flere end 10.000 (>10.000)	Der bør tages opfølgende prøver og en øjeblikkelig gennemgang af kontrolforanstaltninger og en risikovurdering bør udføres for at identificere andre relevante afhjælpende foranstaltninger, blandt andet desinfektion af systemet.

Kilde: SSI Legionella vejledning – risiko og tolkning af analyser [2016 SSI]

Tabel 2-3 Forslag til handlingsgrænser med baggrund i prøver udvisende høj CFU/L.

Ved prøvetagning skelnes – og som beskrevet i vejledningen fra 2016 [2016 SSI] mellem:

- "A prøver", der er straks prøver idet de tages umiddelbart ved start på tapning.
- "B-prøver", der tages ved konstant vandtemperatur, dvs. fra når det ved tapningen kan konstateres, at der er nået en konstant temperatur (efter 1 til højst 2 min).

A-prøverne giver typisk information om tapstedets aktuelle tilstand, fx legionellatilstedeværelse grundet brusere som sjældent benyttes, mens B-prøverne fortæller mere om selve brugsvandsinstallationen.

Prøvetagning på brugsvandsinstallationer er ofte behæftet med stor usikkerhed, dels mht. udtagning af de mest relevante tapsteder, dels mht. gennemførelse af prøvetagningen og senere håndtering af vandprøverne, mens selve analysedelen som regel gennemføres efter ensartede og akkrediterede metoder.

2.5 Anvisning om risikovurdering for *Legionella* i brugsvandsinstallationer

I de foregående afsnit er anført krav og anvisninger til, hvordan en brugsvandsinstallation udføres og drives med henblik på at undgå *Legionella*.

Afledt bl.a. af en stigende forekomst af legionærsygdom i Danmark, er der gennem de senere år kommet fokus på analyse og vurdering af brugsvandsinstallationer med henblik på at finde frem til særligt risikable installationer og forhold. Dette er sket med delvis inspiration fra udlandet og internationalt, herunder ud fra WHO's arbejde, jf. afsnit 4. 1.

Det danske arbejde blev initieret af den daværende Trafik- og Byggestyrelse og fremgår af Rørcenteranvisning 017 *Legionella* – installationsprincipper og bekæmpelsesmetoder, se i øvrigt nærværende rapportafsnit 2.3. Vejledningen vedr. udarbejdelse af risikovurderingerne fremgår specifikt af anvisningens afsnit 7.

Risikovurderingen omfatter:

- Opgavetildeling ved risikovurdering
- Risikoorganisation
- Forhold der giver risiko for legionellavækst

- Overordnede risikovurderingsområder
- Risikovurdering i forbindelse med daglig drift
- Regelmæssige kontrol
- Laboratorieprøver

Ifølge vejledningen gælder:

Formålet med opgavetildeling og dermed ansvaret for gennemførelse af risikoanalyse af brugsvandsinstallationer er at sikre, at brugsvandsinstallationerne i forskellige typer og kategori af ejendomme har mindst mulig risiko for smitte med Legionella. Ansvaret for ejendommen og dens installationer er jævnt for Byggeloven som udgangspunkt placeret hos bygningsejeren. Opgaverne med gennemførelse af risikovurdering kan derudover være placeret hos følgende personer:

- *Bygningsejere og arbejdsgivere, hvor der er risici for, at der fra deres virksomhed og installationer kan ske en smitte til deres medarbejdere, besøgende eller andre der opholder sig i bygningen*
- *Selvstændig erhvervsdrivende, hvor der er risiko i forbindelse med deres virksomhed og installationer for dem selv eller for andre der opholder sig i bygningen*
- *Personer, der har kontrol over lokaler eller bygninger med installationer, hvor der er en risiko for smitte fra installationerne i bygningen. Dette er fx en bygning, der udlejes til lejere der selv har ansvar for bygningen og dens installationer, eller hvor udlejer selv er ansvarlig for vedligeholdelsen af bygningen og dens installationer*
- *Personer, der har kontrol over lokaler og installationer, der anvendes af besøgende og lignende til overnatning (fx hoteller, ferielejligheder og campingpladser)*

Risikovurderingen for brugsvandssystemer bør omfatte følgende overvejelser:

- *Identifikation af vandsystemet og det tilhørende udstyr og komponenter.*
- *Et aktuelt og gyldigt skematisk diagram, der giver et overblik over den samlede installation og dens komponenter.*
- *Temperaturen på det indkommende kolde vand (på varmeste tid af året) og i alle dele af systemet, herunder en vurdering af potentialet for termisk overførsel (opvarmning af det kolde vand, og afkøling af det varme vand) fx i skakte o.l.*
- *Potentialet for aerosolgenerering ved de enkelte tapsteder.*
- *En vurdering af sårbarheden hos de personer, der sandsynligvis vil blive udsat, især når der kan være eksponeringskilder (dele af installationen), der ikke kan behandles.*
- *Identifikation af arealer og installationsdele i bygningen, der ikke anvendes konsekvent, fx afsnit med hotelværelser, sportshaller og omklædningsrum, eller andre situationer der bevirker, at varmtvandsproduktionen periodevis har intet eller et lavt forbrug.*
- *Vurdering af faktorer og eller tilstedeværende materialer i installationen, som kunne fremme vækst af bakterier og dermed øge væksten af Legionella.*
- *Vurdering af det samlede brugsvandssystem for dele eller komponenter, hvor forurening kan komme ind / forekomme, herunder i forbindelse med vedligeholdelse af installationen.*

Den praktiske gennemførelse af en risikovurdering for en brugsvandsinstallation omfatter:

- Rørsystemet
- Varmtvandsforsyningen
- Cirkulationssystemet
- Tapsteder og badefaciliteter.

2.6 Afhjælpende foranstaltninger/desinfektion mod Legionella

I Rørcenteranvisning 017 er anført følgende afhjælpende foranstaltninger/metoder for bekæmpelse af *Legionella*:

- Termisk desinfektion*
- Temperaturgymnastik*
- Desinfektion med hypoklorit
- Desinfektion med Klordioxid
- Ultraviolet stråling (UV)
- Membranteknologi (centralt – lokalt)
- Kloring
- Ozon
- Anodisk oxidation
- Kobber-sølv ionisering
- Overvågning af større anlæg,

* I Rørcenteranvisningen skelnes der ikke specifikt mellem termisk desinfektion (afhjælpende foranstaltning med kortvarig effekt) og temperaturgymnastik (forebyggende foranstaltning).

Det svarer generelt til de metoder, der er omtalt i WHO's publikationer samt i en række af de anvisninger, som er omtalt i afsnit 3 – 4. Flere af metoderne, især de sidste fire, anvendes dog sjældent i Danmark.

Kobber har en hæmmende effekt på *Legionella*, men kobberrør anvendes stort set ikke længere i Danmark, undtagen til reparation og mindre udskiftninger. I ældre installationer af kobberrør vil der ofte være belægninger, der forhindrer afgivelse af kobber-ioner, hvorfor der ikke er nogen effekt i disse installationer.

2.7 Danske undersøgelser vedr. små brugsvandsvekslere og brusere

Små brugsvandsvekslere med legionellaproblemer

Som det fremgår af afsnit 3 har der med tysk udgangspunkt været en del fokus på, om der ved små brugsvandsvekslere og -anlæg og grundet fordelagtige strømningsforhold og bedre opblanding af vandet kunne tillades lavere fremløbstemperaturer. Med baggrund i de generelt lave danske fjernvarmetemperaturer, samt ønske om yderligere energieffektivisering, viste der sig fra såvel forsyninger som vekslerproducenter tidligt dansk interesse i, at undersøge og eftervise disse muligheder. Det resulterede i perioden 2010 – 2016 i gennemførelse af et udredningsprojekt og to udviklingsprojekter under den optimistiske titel "*Lavtemperaturfjernvarmeanlæg der ikke giver legionellaproblemer*".

Projektet *Fjernvarme og legionella - Udredning og undersøgelser* fra 2012 [2012 Buhl] havde til hovedformål at kortlægge og undersøge de temperaturmæssige begrænsninger, samt at undersøge andre forhold vedr. etablering af små fjernvarmeunits. Projektet anførte, at det med reference til de udenlandske tiltag ikke var urealistisk at kunne komme ned på en brugsvandstemperatur på 45 °C ved brug af små vekslere.

Der blev efterfølgende i samarbejde med 5 fjernvarmeforsyninger etableret et grundlag for et opfølgende F&U-projekt: *Legionella - Brug af varmeveksler i en familiebolig med korte rørstrækninger* [2014 Buhl]. Dette projekt indebar etablering af 5 testanlæg, hver med 2 units hos

forsyningerne i hhv. Aarhus, Albertslund, Esbjerg, Fredericia og Roskilde samt med Teknologisk Institut som projektleder. De to parallelle units blev udformet, så de kunne drives ved hhv. 55 °C og 45 °C og med sigte på at kunne uddrage forskelle i legionellaindhold.

Projektet viste, at:

- At legionellaindholdet var forholdsvis højere end forventet og udviste samtidig store variationer, ligesom det tilførte kolde vand i nogle tilfælde havde højt legionellaindhold.
- At analysemetode qPCR, der var valgt da den var hurtig og viste det totale legionellaindhold, men at det betød, at der ikke kunne skelnes mellem levende og døde legionellabakterier.
- At der kunne konstateres højere legionellaindhold ved 55 °C end ved 45 °C, hvilket umiddelbart gik imod forventningerne, men at de anførte usikkerheder gjorde det vanskeligt at trække klare konklusioner.

Efter inddragelse af Statens Serum Institut (SSI) og valg af en supplerende analysemetode baseret på dyrkning ved undersøgelse af antallet af levedygtige celler, blev der etableret grundlag for et opfølgende projekt gennemført i perioden 2016-2018. Samtidig blev fremgangsmåde og målinger strammet op, hvor det var relevant og med henblik på at opnå så ensartede test som muligt. Projektet blev under titlen *Små brugsvandsvekslere til lavtemperatur og uden legionellaproblemer* afsluttet og afrapporteret i 2018 [2018 Buhl].

De nye resultater viste imidlertid:

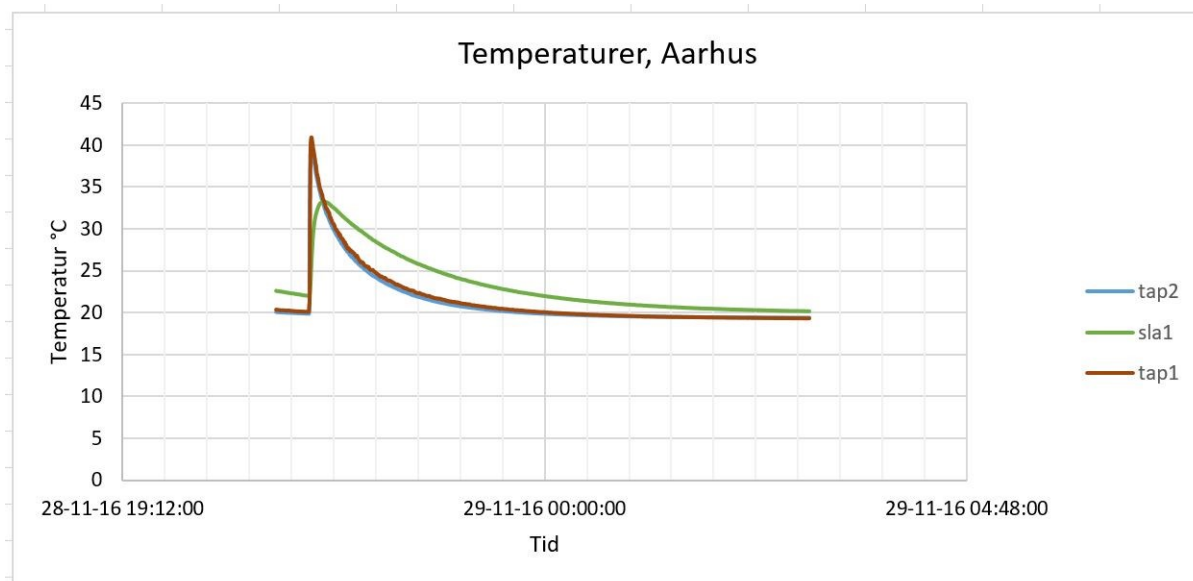
- At der for 2 af de 5 installationer slet ikke kunne konstateres *Legionella*, samt at en enkelt havde haft tekniske problemer, hvilket betød at de ikke kunne indgå i vurderingen.
- At der for de øvrige to var store – ofte atypiske og ikke forklarlige variationer i legionellaindhold, men som på den anden side heller ikke viste, at temperaturen havde betydning for mindre anlæg.
- At andre parametre end temperatur-variationen syntes at have stor betydning for legionellaudviklingen, men uden nærmere at kunne afklare dette.

Temperaturforholdene i koblingsledninger

I sidstnævnte projekt [2018 Buhl] undersøgte man også temperaturforløbet i koblingsledningerne, der bestod af/var simuleret af fritliggende slanger (slangebundt) tilsluttet de testede units. Et eksempel på et temperaturforløb er vist i figur 2.2.

Temperaturundersøgelserne, der baserede sig på units tilkoblet en 25 m lang brugsvandsledning, blev ikke fulgt op med måling af *Legionella*, men gav anledning til følgende konklusion mht. koblingsledningens afkøling:

- *at temperaturen i slangerne er faldet til et niveau svarende til rumtemperaturen (ca. 20 °C) relativt hurtigt efter tapningen eller efter en periode der svarer til ca. 30 – 45 minutter.*



Kilde: [2018 Buhl]

Kurve TAP1 og TAP2 angiver temperaturforløbet ved to forskellige tapsteder og efter stop, og SLA1 temperaturforløbet i den slange, der kompenserer brugsvandsinstallationen for første installation

Figur 2-2 Eksempel på temperaturforløbene i koblingsledning ifm. en tapning.

Brusere og bruseslanger – en central udfordring men ikke yderligere belyst i nærværende projekt

I nærværende projekt er det primære sigte på *Legionella* i brugsvandsinstallationen, mens det der sker i fm. selve tapstedet – om end dets store betydning for vækst og spredningen af *Legionella* via aerosoler – kun er sporadisk behandlet. Det skal dog anføres, at det nævnte brugsvandsvekslerprojekt rapporteret i 2012 [2012 Buhl] også omhandlede undersøgelse af bruseslanger for en række udvalgte installationer. Hovedkonklusionen var her, at selv om installationerne viste temperatur-niveauer i intervallet 50 – 55 °C, hvor *Legionella* bakterier ikke kan formere sig, så var der flere eksempler på, at bruseslangerne var behæftet med *Legionella*.

Ovennævnte underbygger betydningen af at have stor fokus på specielt brusere, men det understreger også – ift. det aktuelle projekt vedr. brugsvandsinstallationer og *Legionella* – at man ved en samlet optimering må have fokus på det samlede brugsvandssystem. Det nye EU drikkevandsdirektiv, se afsnit 3.1, vil utvivlsomt skærpe denne opmærksomhed. Endvidere vil ny teknologi med fx med selvåbnende, elektronisk styrede tapsteder og point-of-use-filtre, der kan tilbageholde *Legionella* ved tapstederne, øge mulighederne for samspil.

2.8 Nyere undersøgelser og -tiltag vedr. danske brugsvandsinstallationer og *Legionella*

Projekt 1- 5 fra den tværministerielle arbejdsgruppe 2018 – 2021

Der var i 2017 megen fokus på *Legionella* i Danmark grundet konstatering af at forekomsten af legionærsygdom var steget og lå blandt de højeste i Europa.

I 2018 førte dette til at den daværende sundhedsminister nedsatte en tværministeriel arbejdsgruppe med henblik på gennemføre en særlig indsats mod at udrede og anvisning løsning af udfordringerne.

EUDP-Legionellasikring – Delrapport3: Myndighedskrav og undersøgelser

Som følge heraf blev igangsat 5 projekter:

- Projekt 1 (igangværende): Undersøgelse af årsager til regionale forskelle
- Projekt 2: Undersøgelse af vandprøver som indikator for legionellatilfælde og -typer
- Projekt 3: Kortlægning af kommunernes arbejdsgange og undersøgelser af smittesteder
- Projekt 4: Identificering af trends i forhold til vand- og varmforsyning og installationer
- Projekt 5: Informationsindsats.

Indsatsen blev i september 2021 afsluttet med præsentation af arbejdet og de færdige rapporter, se <https://docplayer.dk/222262351-Afrapportering-fra-tvaerfaglig-arbejdsgruppe-om-legionella.html>.

Projekt 2 har betydning for afklaring af den høje danske incidens og belyser til dels også årsager til den geografiske variation. Også arbejdet i Projekt 1 og 4 har relation til nærværende projekt. Det første fordi det spiller ind ift. de undersøgelser, som er gennemført og beskrevet i del 2 og med konstateret en faktor 5 geografisk forskel. Projekt 4 fordi en sammenhæng mellem risikoen for *Legionella* og brugsvandsinstallationer alder og beskaffenhed kan være ét af elementerne i afklaring af den store usikkerhed, som gælder den danske forekomst af *Legionella* og legionærsygdom.

Danske trends for brugsvandsinstallationer

Resultaterne af Projekt 4, der er gennemført af Aalborg Universitet BUILD/SBI og med inddragelse af Teknologisk Institut fremgår af rapporten *Identifikation af trends i forhold til vand- og varmforsyning og Installationer*, se [2020 SBI].

I rapporten er givet en gennemgang af den historiske udvikling af brugsvandsinstallationer de seneste 25 år med fokus på de forhold og løsninger, der kan have størst indflydelse på legionellavækst i vandinstallationer. Sammenfattende er der beskrevet følgende fokuspunkter for de forskellige bygningstyper:

Énfamiliehuse:

- *Driftstemperaturen for det varme brugsvand kan for både olie-, naturgas- og fjervarmeanlæg være indstillet lavt (50 °C eller lavere) i bestræbelserne på at opnå energibesparelser. Den lave temperatur giver øget risiko for bakterie- og legionellavækst.*
- *For huse opvarmet med varmepumper er det vigtigt, at varmepumpen kan levere en temperatur, der er højere end 60 °C, fx ved brug af en el-patron. Såfremt temperaturen på varmepumpen holdes under 50 °C, fx af hensyn til god driftsøkonomi og virkningsgrad på varmepumpen, er der øget risiko for bakterie- og legionellavækst.*
- *Ved renovering af brugsvandsanlæg i enfamiliehuse, hvor dele af den eksisterende installation genanvendes, vil der være risiko for, at denne allerede har opbygget biofilm, og den kan desuden være forurennet med Legionella eller bakterier generelt.*

Flerfamiliehuse:

- *Anlæg med store beholdere betyder ofte, at opholdstiden for det varme vand er relativ lang. Der er derfor i denne type af anlæg risiko for, at der kan komme vækst af bakterier og Legionella i beholder og rørsystem, idet der er øget risiko for, at temperaturen i dele af installationen (beholderbund og cirkulationskredsen) kan komme ned under 50 °C.*

- Hvis der er ønske om at udføre termisk desinfektion* af hele installationen kan det være vanskeligt, da det tager lang tid at hæve temperaturen i hele beholderen tilstrækkeligt (op over 60 °C).
- Det vurderes at risikoen for bakterie og legionellavækst i anlæg udført som ladekredssystemer eller vekslersystemer er lav, da opholdstiden er kortere og samtidig er mulighederne for termisk desinfektion langt bedre på grund mindre vandvolumen og større opvarmingskapacitet."

* "Temperaturgymnastik" er med udgangspunkt i standardisering og andre vejledninger ofte blevet betragtet som dækkende både en temperaturkompensering dækkende lidt for lave temperaturer (under 50 °C) og en såkaldt "afhjælpende temperaturdesinfektion" typisk ved mindst 60 °C. Ved termisk desinfektion skal alle tapsteder dog skylles igennem med varmt vand > 60 °C (engangsbehandling der evt. kan gentages) ;ved temperaturgymnastik behandles generelt kun den centrale del af systemet ved ca. 60 °C (kontinuerlig periodisk temperaturhævning) .

I undersøgelsen vurderes, at ældre installationer med stor varmeveksler (varmtvandsbeholder), som sjældent tømmes, er særligt problematiske. Ofte har denne type af beholdere en relativ lille varmeplade i form af en indvendig spiral.

Installationsmæssige erfaringer i fm. konstaterede tilfælde med legionærsygdom

Med henblik på at afklare mere præcise sammenhænge mellem konstateret legionærsygdom og de brugsvandsinstallationer, som har været udpeget som årsagen, har projektgruppen primo 2022 haft drøftelse med Lars Grøn Schjoldager/CheckPoint World. Lars Grøn har gennem tekniske analyser af brugsvandsinstallationer og rådgivning vedr. forbedringer medvirket ved en række opfølgningssager, hvor der har været konstateret *Legionella*. Med baggrund i dette arbejde er peget på følgende forhold med særlig betydning for forbedrende tiltag:

- Indregulering (termiske indreguleringsventiler), etablering af konstant flow og temperatur, væk med brugsvandsbeholdere, isolering af rør, og væk med døde rørstrækninger.
- Anlæg uden *Legionella* kan opnås ved de rekommanderede temperaturer, 55 °C afgang, 50 °C fjerneste tapsted og retur. Dette kan normalt opnås uden at forøge temperaturen og ved en fjernvarme-temperatur på 60 °C for større anlæg, evt. lavere for små anlæg.
- Forbrugerne skal være opmærksom på, at tapsteder regelmæssigt skal skylles igennem med varmt vand – mindst 50 °C (regelmæssig gennemskylning vil også være nødvendigt med biocidløsninger).
- El-booster løsning kan evt. være nødvendigt de steder, hvor fjernvarme-temperaturen er for lav til at opretholde de rekommanderede temperaturer – men der er så en ekstra omkostning ved disse installationer, der skal tages med i betragtningen.
- Regelmæssig hævning af temperaturen ("temperaturgymnastik") kan være en ekstra sikring, men hvis temperaturen konstant er 50 °C i cirkulationen, vil der ikke være vækst her.
- Ved temperaturer på under 50 °C kan der forekomme legionellavækst, og her vil temperaturgymnastik antageligt være en fordel. Det kræver dog, at distale dele af systemet skal kunne skylles igennem med vand, som dræber bakterien i de perioder, der er høj temperatur. Sådanne systemer vurderes dog som risikosystemer.

Andre erfaringer angående nye og eksisterende anlæg

Det er noteret, at der blandt forholdsvis mange installatører og montører har været en opfattelse, at man ved små brugsvandsanlæg ikke behøvede at interessere sig så meget for vandtemperaturerne. Samtidig har kunne konstateres, at flere varmepumper er blevet leveret med ret lave fabriksindstillinger, som klart har afvejet fra gældende krav og anvisninger. Dette skyldes til dels også en opfattelse af, at der ved små brugsvandsanlæg let kan kompenseres for periodevis lave temperaturer.

Grundet flere konstaterede tilfælde af *Legionella*, såvel som den stigende fokus på problematikken har flere kommuner, boligselskaber mfl. over de seneste år gennemført foranstaltninger med henblik på at løse eller forhindre legionellaproblemer. KAB, der er landets største boligselskab med over 50.000 boliger, har eksempelvis gennemført en række undersøgelser og tiltag. I den forbindelse har man i flere tilfælde, hvor temperaturløsninger har været vanskelige eller meget dyre at gennemføre, med gode erfaringer installeret biocidanlæg baseret på anvendelse af hypoklorsyre. Dette gælder også ved brugsvandstemperaturer på under 50 °C.

2.9 De energi- og klimamæssige aspekter angående *Legionella* og brugsvand

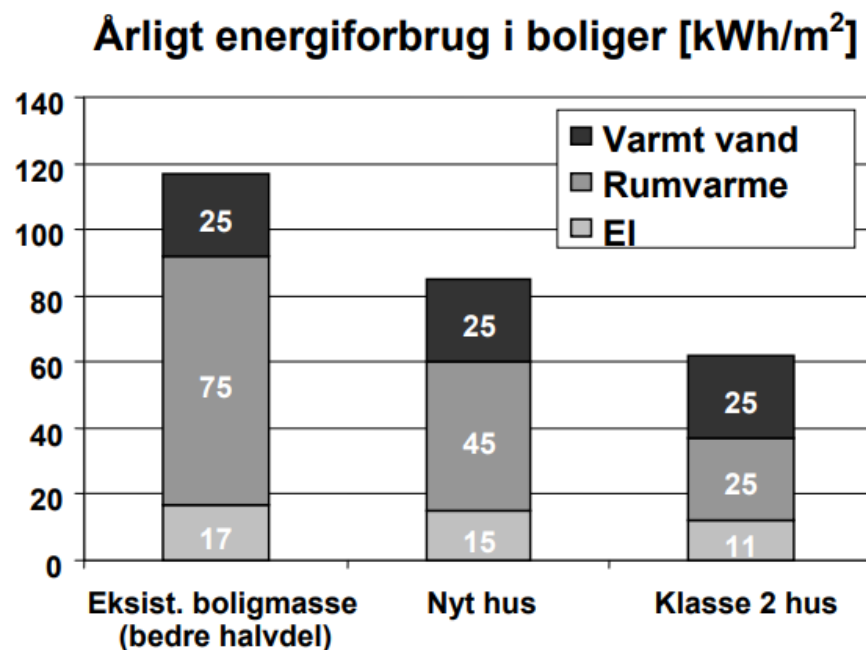
Legionella-problematikken har udviklet sig i takt med den stigende fokus på energi og klima

Der har i Danmark siden energikriserne i 1970'erne været stor fokus på at effektivisere energiforbruget til opvarmning gennem anvendelse af de lavest mulige temperaturer, herunder ved produktion af varmt brugsvand og i fjernvarmesammenhæng. Senere er varmepumper kommet til, bl.a. som erstatning for de tidligere oliefyrede småanlæg, og dette har yderligere skærpet betydningen af at kunne anvende de lavest mulige temperaturer ved produktion af varmt brugsvand.

Brugsvandet vægter samtidig mere og mere i energiforbruget grundet en stadig bedre isolering af husene. Som illustreret i figur 2-5, og med afsæt i en vurdering fra 2009, går trenden således i retning af, at brugsvandet udgør en stadig stigende del af energiforbruget, dvs. med ca. 20 pct. for daværende, eksisterende boliger og ca. 30 pct. for nye, jf. figur 2-3.

Udlandets interesse for at spare energi og reducere forurening har dannet grobund for eksport af de danske koncepter herunder lavtemperatur fjernvarme. Med stigende klimaopmærksomhed har det fået yderligere opmærksomhed ikke mindst i EU.

Legionellaudfordringerne har stort set i hele udviklingsperioden været en hæmsko, som har haft megen opmærksomhed og forskellige research har påpeget de samfundsmæssige konsekvenser, ligesom der løbende har været gjort forskellige tiltag mht. at finde alternative løsninger.



Kilde: "Varmt Brugs vand Måling af forbrug og varmetab fra cirkulationsledninger", figur 3.6.1 [2009 SBI]

Figur 2-3 Brugs vandet udgør en relativt stigende andel af energiforbruget.

Konflikten mellem lavtemperaturfjernvarme og *Legionella* er ikke ny

I rapporten "Mikrobiel vækst i varmtvandssystemer – konflikt mellem lavtemperaturfjernvarme og bekæmpelse af mikroorganismer" fra 1989 [1989 Backer] belyste Lise Backer konflikten og udfordringerne, jf. følgende fra rapportens abstract:

- Denne rapport indeholder en beskrivelse af henholdsvis de medicinske, de mikrobiologiske og de ingeniørmæssige sider af problemfeltet omkring mikrobiel vækst i varmtvandssystemer.
- I de senere år er man i Danmark, samt også i øvrige lande, i stigende grad blevet opmærksom på problemer med sygdomsfremkaldende mikrobiel vækst i varmtvandssystemer. Samtidig er der i de fleste lande opstået en forøget bevidsthed omkring sammenhængen mellem energiforbrug og miljøproblemer.
- I fjernvarmeområder er det muligt at spare betydelige mængder energi ved en målrettet realisering af lavtemperaturfjernvarme og det er derfor hensigtsmæssigt at løse problemerne med mikrobiel vækst i varmtvandssystemerne på anden måde end ved at hæve temperaturen på det varme brugsvand.

I rapporten "Bakterievækst i varmtvandssystemer – Forsøg i praksis" fra 1994 [1994 SBI] er beskrevet en række af undersøgelser med forskellige beholderformer og vekslere, såvel som med anvendelse af magnetisk vandbehandling og ændret drift af elektrolyseanlæg samt med UV-bestråling og ozonbehandling

Fra konklusionen skal anføres:

- De resultater, som indtil nu er opnået, giver ikke et sæt af klare retningslinier for, hvordan et varmtvandsanlæg skal udformes og drives, således at vandets bakteriologiske kvalitet er tilfredsstillende. Men resultaterne giver et fingerpeg om, i hvilken retning yderligere

undersøgelser bør gå. Der er herefter med henblik på kortlægning af problematiske anlæg givet forslag til udarbejdelse af retningslinjer vedr. kim-talsmålinger og krav til disse.

Måling af kim-tallet som styrende ift. *Legionella* indgår også centralt i Lene Bagh's efterfølgende ph.d.-afhandling [1998 Bagh, ph.d.], men har senere vist sig ikke så relevant i legionella-sammenhæng.

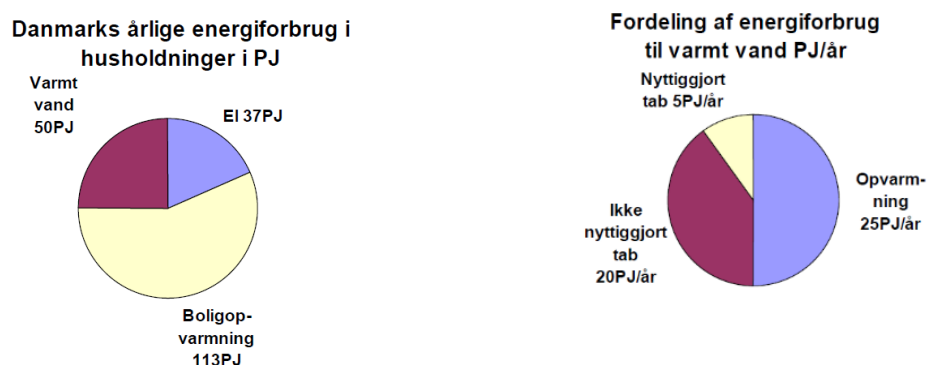
Høje temperaturer bevirker høje samfundsmæssige omkostninger og forringer klimaet

De samfundsmæssige omkostninger grundet krav om høje temperaturer i brugsvandssystemet er især blevet belyst i en række artikler og indlæg fra perioden 2005- 2018 ved Flemming Schrøder fra ALECTIA/NIRAS, jf. bl.a. artiklen "Stop energispild i varmtvandssystemer" fra 2014 [2014 Schrøder] og præsentationen "Energibesparelser i ejendomme" fra 2018 [2018 Schrøder]. Her anføres et årligt økonomisk tab på ca. 6 mia.kr. grundet især dårligt isolerede rør og det legionellaafledte krav om højere temperaturer end den komfortmæssige mindstetemperatur på ca. 45 °C.

Endvidere fremhæves:

- *At energiforbrug til varmt brugsvand er størst i den periode, hvor vi ikke benytter det*
- *At den mest energieffektive måde at varme brugsvand op på, er ved at opvarme det lige før - og lige der, hvor det skal benyttes.*

Vurderingerne bygger bl.a. på resultater fra rapporten "Varmt brugsvand, Måling af forbrug og varmetab i cirkulationssystemer" fra 2009 [2009 SBI], hvoraf fremgår de i figur 2-4 viste fordelinger af energiforbruget for hhv. husholdningerne og varmt brugsvand.



Kilde: "Varmt brugsvand, Måling af forbrug og varmetab i cirkulationssystemer" fra 2009 [2009 SBI], figur 1.3.2 og 1.3.3

Figur 2-4 Fordeling af husholdningernes energiforbrug med fokus på varmt brugsvand og energitab.

Disse resultater viser et ikke nyttiggjort tab fra brugsvandssystemet på 20 PJ/år, eller ca. 12 pct. af det samlede forbrug til husholdningernes opvarmning (167 PJ), hvoraf legionellakravet om mindstetemperaturer på 45 – 55 °C udgør en del.

Flemming Schrøder har ved en samtale med projektgruppen i september 2022 oplyst, at han skønner, at den anførte besparelse ikke er blevet mindre i løbet af de mellemliggende år, snarere tværtimod. Nogle har dog betvivlet at besparelspotentialet er helt så stort, men generelt savnes en egentlig analyse med fokus både på konsekvenserne for brugerne og for samfundsøkonomien, da den nødvendige brugsvandstemperatur ret central i hele løsningsproblematikken.

Øget isolering af installationerne, som der også lægges op til i de anførte artikler og rapporten, vil naturligvis medføre et mindre energitab, og vil gøre det lettere at opretholde en temperatur på over 50 °C i rørledningerne generelt, fx returstrøgen i fm. cirkulation. For koblingsledninger vil det dog betyde, at temperaturen falder langsommere, dvs. at der vil opstå længere periode med temperaturer på 25 – 45 °C og dermed med mulighed for at skabe legionellavækst.

Udvikling mod lavtemperatur og ultra-lavtemperatur har øget udfordringerne

Legionella-udfordringen har indgået i en række DTU-phd-projekter, såvel som i flere EFP- og EUDP-projekter vedr. fjernvarme og solvarme, ligesom det er centralt i fm. det danske tiltag ”4. generations fjernvarme” [2016 Lund].

I phd-afhandlingen: *Heating and Domestic Hot Water Systems in Buildings Supplied by Low-Temperature District Heating* [2013 Brand] anføres: *The Danish Standard DS 439 for DHW requires that DHW should be delivered in reasonable time, without unwanted changes in desired temperatures (comfort) and without increased risk of bacterial growth (hygiene). While the comfort requirements set the minimum DHW temperature to 45°C, the hygiene requirements set it to 60°C, which is simply not reachable for low-temperature DH. However, the German DHW standard DVGW 551 makes no requirement about minimum DHW temperature if the overall DHW volume is below 3L. This rule was adopted as a cornerstone for the research and for the whole lowtemperature DH concept in general, so the minimum DHW temperature is defined by a requirement for 45°C at the kitchen tap.*

Det skal her anføres, at tolkningen af de tyske regler ikke er korrekt. DVGW 551 bygger på varmtvandsbeholdere med max 400 liter og koblingsledninger med max 3 liter, men er underlagt de tyske krav, som er beskrevet i afsnit 3.5. De 45 °C er en mindste komforttemperatur for køkkenarmaturer, dvs. for at kunne skylle fedtet af panden.

I *Alternative solutions for inhibiting Legionella in domestic hot water systems based on low-temperature district heating*, og flere andre artikler ved Yang et al [2016 Yang 1-3] tages i stedet afsæt i den europæiske guideline CEN/TR 16355, se afsnit 3.3.

Det skal i øvrigt anføres, at der i sidstnævnte reference [2016 Yang 1-3] er givet meget grundig gennemgang af en række forskellige løsningsforslag for brugsvandsanlæg til lavtemperatur-fjernvarme, herunder med belysning af forskellige alternativer til legionellasikring ved temperatur. Dette omfatter såvel kemiske og fysiske metoder som boostning af temperaturen via små varmepumper (microboosters) eller el-varmlegemer, ligesom der også er anført priseksempler. Mht. biocider påpeges behovet for at sikre en god styring og kontrol med tilsætning og indhold.

I rapporten *Mikrobiologisk sikker sænkning af varmtvandstemperaturen* fra 2015 har Danish Clean Water [2015 DCW] i samarbejde med en række eksperter undersøgt mulighederne angående anvendelse af hypoklorsyre, som kompenserer for lave temperaturer. Det fremgår af omtalen i del 1, afsnit 5-2, at metoden bestemt har muligheder, men også at videre arbejde blev fundet væsentligt for at dokumentere effektiv drift under forskellige forhold og helt ud til tapstederne.

Temadage med fokus på *Legionella*, brugsvand og lavtemperatur

Grundet de betydelige udfordringer angående *Legionella* ifm. brugsvandsinstallationer har Teknologisk Institut udover deltagelse i projekter siden 1990'erne jævnligt arrangeret temadage med indlæg om problematikker og løsningsmuligheder. Nogle er afholdt med fjernvarme som primær målgruppe andre mere bredt dækkende legionellaproblematikken ift. Brugsvand.

Udvalgte indlæg fra de tidligere temadage fremgår af referencelisten. Referencer fra de seneste temadage, herunder med svenske input ang. muligheder og udfordringer med små brugsvandsvekslere, fremgår af <https://www.teknologisk.dk/ydelser/legionella-temadag/2021/40905>.

3 EUROPÆISKE KRAV, VEJLEDNINGER OG UNDERSØGELSER

3.1 EU's drikkevandsdirektiv fra 2020 med krav vedr. *Legionella* og risikovurderinger

Der har ikke tidligere været egentlige europæiske krav vedr. *Legionella*, ligesom risikovurderinger for drikkevandsområdet kun sporadisk har været omtalt. Efter flere års arbejde har EU dog i december 2020 vedtaget et nyt EU drikkevandsdirektiv, hvor såvel *Legionella* som risikoanalyser har fået en fremtrædende rolle.

Det nye "Europa-Parlamentets og Rådets Direktiv (EU) 2020/2184 af 16. december 2020 om kvaliteten af drikkevand" [2020 EU Drikkevand] dækker samtidig – i modsætning til det gamle drikkevandsdirektiv – både koldt drikkevand og varmt brugsvand.

Dette fremgår lidt indirekte af det i artikel 2 Definitioner angivne: *I dette direktiv forstås ved »drikkevand«: a) alle former for vand, der enten ubehandlet eller efter behandling er beregnet til drikkebrug, madlavning, fødevarer tilberedning eller andre husholdningsformål i både offentlige og private ejendomme, uanset vandets oprindelse, og uanset om det leveres gennem distributionsnet, leveres fra tankvogn/tankskib eller tappes på flasker eller i anden emballage, herunder kildevand.*

Det fremgår af direktivet artikel 7, at der generelt skal sikres "at drikkevandsforsyning, -behandling og -distribution underkastes en risikobaseret tilgang, der omfatter hele forsyningskæden fra indvindingsoplandet, indvinding, behandling, lagring og distribution af vandet til det sted, hvor kravene skal overholdes, som fastsat i artikel 6", dvs. ud til tapstederne. Dette tydeliggøres efterfølgende via "c) risikovurdering af forbrugernes fordelingsnet".

I artikel 10 "Risikovurdering af forbrugernes fordelingsnet" beskrives derefter kravene til og de forskellige elementer denne risikovurdering samt prioriteringen og hvordan den håndteres i forhold til forskellige forbrugere. I relation til *Legionella* anføres, at *Hvad angår Legionella eller bly kan medlemsstaterne beslutte at fokusere kontrollen på prioriterede ejendomme.* I samme artikel anføres endvidere.:

- a) *At ejere af offentlige og private ejendomme tilskyndes til at udføre en risikovurdering af forbrugernes fordelingsnet.*
- e) *At der for så vidt angår Legionella indføres effektive kontrol- og styringsmæssige foranstaltninger, som er tilpasset risikoen, for at forebygge og imødegå eventuelle sygdomsudbrud.*

Med baggrund i direktivet må der således (og i takt med at det implementeres fra 2023) forventes betragteligt større myndighedsopmærksomhed end hidtil på såvel *Legionella* som tilhørende risikovurderinger. Baggrunden for dette er i høj grad det forarbejde, som WHO har leveret, og som er omtalt i afsnit 4.1.

3.2 Europæiske CEN-standarder EN 806 og EN 1717 samt prEN 17818

Der findes især to europæiske standarder med relevans for *Legionella*-problematikken:

- EN 806 del 1- 5 Specifikationer for drikkevandsinstallationer i bygninger, fra 2005 – 2015.
- EN 1717 Beskyttelse mod forurening af drikkevandsinstallationer og generelle krav til udstyr til at forhindre forurening ved tilbagestrømning, fra 2011.

EN 806 Specifikationer for drikkevandsinstallationer i bygninger omfatter 5 parts: *Part 1: General; Part 2: Design; Part 3: Pipe sizing; Part 4: Installation; Part 5: Operation and maintenance.* Standarden er et resultat af arbejdet i WG2 under CEN/TC 164.

Af EN 806 Part 2 Design [2005 EN 806-2 Design] fremgår af standardens punkt 3.6 og 9 følgende:

3.6 *Operating Temperature 30 sec. after fully opening a draw-off fitting, the water temperature should not exceed 25 °C for cold water draw off points and should not be less than 60 °C for central hot water systems unless otherwise specified by local or national regulations.*

Hot water systems should have the facility to enable the temperature at the extremities of the system to be raised to 70 °C for disinfection purposes (see 9.1).

9.1 Hot water systems

- *General Hot potable water installations consist of a water heater, the equipment necessary for the safe operation of the system, heating equipment and the associated pipework with valves and fittings. The hot water system shall comply with EN 1487, EN 1488, EN 1489, EN 1490 and EN 1491.*
- *In respect to the prevention of growth of Legionella bacteria national or local regulations shall apply.*
- *The hot potable water installation shall not be used for space heating purposes except for towel rails, where national regulations permit this practice.*

EN 1717 [2011 EN 1717] fokuserer primært på forebyggelse af tilbagestrømning, men ineffektiv forebyggelse af tilbagestrømning kan være en årsag til legionella-problemer.

I april 2022 fremkom et nyt EN-standardforslag vedr. anvendelse af biocider til nationale høringer. Forslaget har titlen prEN 17818: *Devices for in-situ generation of biocides – Active chlorine generated from sodium chloride by electrolysis* (Dansk titel: *Anlæg til in situ-dannelse af biocider – Aktivt chlor dannet af natriumchlorid ved elektrolyse*). Forslaget omhandler det grundlæggende elektrolyseanlæg med tilhørende komponenter, og det er samtidig suppleret med grafer angående effektreduktion ved lagring af de forskellige forbindelser, ligesom det belyser afhængigheden af mellem de forskellige klorforbindelser og pH-værdien, jf. figur 3-1.

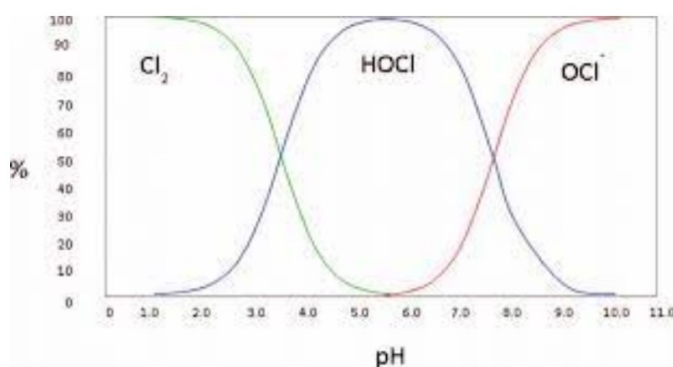


Figure A.4 — Cl₂-HOCl- OCl⁻ vs. pH

Kilde: prEN 17818: Devices for in-situ generation of biocides, Figure A.4 [2022 prEN 17818]

Figur 3-1 Sammenhæng mellem Cl₂-HOCl- OCl og pH.

3.3 Europæiske guidelines fra CEN og ESCMID/ESGL

CEN/TR 16 355 : Anbefalinger til forebyggelse af legionellavækst i installationer i bygninger

I 2012 udgav CEN, i tilknytning til arbejdet i den tekniske komité TC 184 Vandforsyning, en teknisk rapport: *CEN / TR 16355: Recommendations for prevention of Legionella growth in installations inside buildings conveying water for human consumption* [2012 CEN/TR 16355].

Hovedelementerne i rapportens anbefalinger er:

- *The cold water temperature in the installation should be kept below or equal to 25 °C*
- *For drinking water installation without hot water circulation, the water should be capable of reaching a temperature of minimum 55 °C at any point during normal use.*
- *For drinking water installation with circulation of hot water, the water in the circulation loop should be minimum of 55 °C. Within 30 s after fully opening a draw off fitting the water temperature should be not less than 60 °C unless otherwise specified by local or national regulations.*
- *To minimize the cooling of the water in a hot water circulation system (pipes with continuous flow), it should be insulated.*
- *To minimize the warming-up of the water in cold water pipes and the slow cooling in hot water pipes other than being part of a circulation system (e.g. dead legs, floor service pipes, rising pipes) these pipes should not be insulated.* PS! Hensigten er at rør, hvor der ikke er cirkulation, skal køles ned så hurtigt som muligt. I Danmark skal koblingsledninger af samme årsag ikke isoleres i samme rum som tapstedet.
- *Hot water systems should have the facility to enable the temperature at any point of the system to be raised to 70 °C for disinfection purposes.*

Endvidere anføres:

- At drikkevandsinstallationen skal dimensioneres, så der ikke opstår stagnation af vandstrømmen ved normalt brug, og ugentligt anbefales alle tapsteder åbnet eller gennemstrømmet.
- At døde ender fjernes og afskårne ender så korte som muligt og ikke længere end to interne diametre.
- At der skal holdes øje med biofilm og regelmæssig fjernelse af aflejringer i beholdere mv.

Med udgangspunkt i forskellige installationstyper præsenteres de forskellige kombinationer, og de afledte krav, i et skema. Det viser bl.a. ledninger med varmt vand uden cirkulation og uden ekstra krav, og ledninger med mixed vand uden cirkulation og med krav om en ugentlig termisk desinfektion specificeret til 20 min. ved 60 °C, 10 min. ved 65 °C eller 5 min. ved 70 °C; samtidig anføres at desinfektionen skal pågå ud til hvert enkelt tapsted. Endvidere anbefales ved cirkulation anvendelse af små vandmængder under 3 L.

For installationer, hvor opvarmningen alene foregår i en veksler og uden cirkulation, og hvor det samlede vandvolumen i veksler og koblingsledning ikke overstiger 3 liter, angiver rapporten ikke temperaturkrav udover det generelle "*minimum 55 °C at any point during normal use*". System af denne type er i rapporten angivet som type C1, jf. figur 3-2.

- CEN/TR 16355:2012

Figure C.1 — Hot and cold water separately, no storage, no circulation of hot water

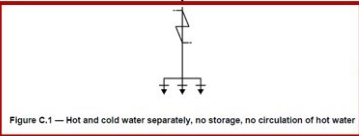


Figure C.2 — Hot and cold water separately, no storage, with circulation of hot water

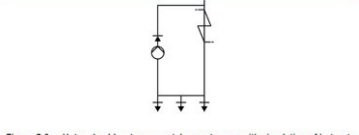


Figure C.3 — Hot and cold water separately, storage, no circulation of hot water

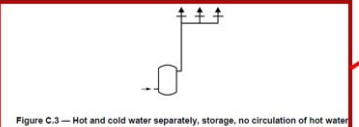


Table 2 — Types of hot water installation

Figure in Annex C	Hot and cold water separately				Mixed hot and cold water					
	No storage		Storage		No storage upstream of mixing valves		Storage upstream of mixing valves		No storage upstream of mixing valves	
	No circulation of hot water	With circulation of hot water	No circulation of hot water	With circulation of hot water	No circulation of hot water	With circulation of hot water	No circulation of mixed water	With circulation of mixed water	No circulation of mixed water	With circulation of mixed water
	C.1	C.2	C.3	C.4	C.5	C.6	C.7	C.8	C.9	C.10
Temperature	-	≥ 50 °C ^a	In the storage water heater ^a	≥ 50 °C ^a	Thermal disinfection ^d	Thermal disinfection ^d	In the storage water heater ^a	≥ 50 °C ^a Thermal disinfection ^d	Thermal disinfection ^d	Thermal disinfection ^d
Stagnation	-	≤ 3 l ^b	-	≤ 3 l ^b	-	≤ 3 l ^b	-	≤ 3 l ^b	-	≤ 3 l ^b
Sediment	-	-	remove ^c	remove ^c	-	-	remove ^c	remove ^c	-	-

^a temperature ≥ 55 °C the whole day or at least 1 h per day ≥ 60 °C

^b The volume of water contained in the pipework between the circulation system and the tap which has the greatest distance to the system.

^c Remove the sediment from the storage water heater in accordance with the local conditions but at least once a year.

^d Thermal disinfection for 20 min at a temperature of 60 °C, for 10 min at 65 °C or for 5 min at 70 °C at every draw-off point at least once a week.

^e The water in the circulation loop shall be not less than 50 °C.

- No requirement.

Kilde: 2012 CEN/TR 16355 -: Recommendations for prevention of Legionella growth in installations...

Figur 3-2 Varmtvandsinstallation (type C1) uden krav til temperatur.

Figuren illustrerer en varmeveksler med et fordelerrør og koblingsledninger direkte frem til tapstederne. I tabellen er reglen vedrørende max 3 liter nævnt i forbindelse med andre installationer med volumen på under 3 L. I note b i tabellen er angivet, at det er volumen i rørledning fra fx cirkulationskreds til tapsted.

Anbefalingen giver i et annex B en oversigt over myndighedskrav i forskellige lande (ikke udtømmende, idet der fx ikke er anført danske krav), men under de tyske krav nævnes kun standarderne DVGW W 551, DVGW W553 og VDI 6023 Blatt 1, og ikke de tyske myndighedskrav fastlagt af UBA, jf. nærværende delrapports afsnit 3.5.

I delvis sammenhæng med udarbejdelse af CEN/TR 16355 er udarbejdet *Code of practice – The CEN/TR 16355 technical report of CEN/TC 164/WG 2 on Legionella applied to solar hot water systems*. [2021 CEN TR05-02], som forholdsvis dybtgående behandler de særlige problemstillinger afledt af de varierende temperaturer ved solvarmeanlæg. Ifølge rapportens scope er den alene beregnet for solvarmeanlæg med en beholder svarende til 30 liter pr. m² solfangerareal, og den blev ifm. behandling i DS-udvalg S-213, solenergi, ikke fundet egnet for danske forhold; dette er dog ikke yderligere præciseret.

European Technical Guidelines for *Legionella*

I 2017 blev den forholdsvis omfattende *European Technical Guidelines for the Prevention, Control and Investigation of Infections caused by Legionella species* [2017 ETG-ESGLI] offentliggjort.

Vejledningen består af 4 "parts":

1. Procedure for risikovurdering, miljøundersøgelse og kontrol og forebyggelse af *Legionella* i vandssystemer.
2. Metoder til efterforskning og kontrol af et udbrud af legionærsygdommen på et hotel, andre overnatningssteder og andre offentlige bygninger.

3. Tekniske retningslinjer for kontrol og forebyggelse af *Legionella* i vandsystemer.
4. Behandlingsmetoder til forskellige vandsystemer.

Vejledningen dækker alle relevante kilder for *Legionella* og giver en række anvisninger angående organisering og gennemførelse af kontrol/inspektion af anlæg og installationer, fx om mikrobiologisk overvågning, ligesom den behandler aflevering og idriftsætning af installationer og anlæg, herunder at det sikres, at der er flow i alle dele af anlægget

I part 1 omtales bl.a. døde ender og stagnation, og der anføres under vurdering af risiko bl.a.:

- *Hvor optimale temperaturer for mikrobiel vækst og stagnation forekommer (fx døde ender, eller blinde ender, sjældent anvendte tapsteder og alle områder af systemet, hvor der er dårlig cirkulation).*
- *Undgå vandstagnation og lav strømning. Stagnation kan tilskynde til vækst af biofilm (slim, der dannes på overflader i kontakt med vand), som kan rumme Legionella og tilvejebringe lokale forhold, der fremmer dens vækst. Områder hvor stagnation forekommer omfatter:*
 - *områder med lav eller ingen strømning, fx store lagertanke;*
 - *døde ender inklusive koblingsledninger, der ikke bruges i mere end en uge;*
 - *blinde ender (lukkede længder af rørledninger uden flow i perioder)*
 - *udstyr, der er knyttet til systemet, og som sjældent bruges*

og under håndtering af varmt og koldt vandsystemer ved hjælp af temperaturkontrol med bl.a. følgende uddybning:

- *Døde ender og blinde ender skaber områder, der tillader biofilm at udvikle sig, og dette øger risikoen for legionellavækst i biofilmene og i deres tilhørende protozoiske værter. Når koblingsledninger og andre ledninger uden cirkulation ikke bruges ofte (mindst en gang om ugen), skal de skylles, indtil vandtemperaturen og biocidniveauer når ligevægt med tilførselsvandet. Hvis ledningen ikke længere er nødvendig til brug, skal de fjernes og røret skæres så langt ned som muligt til forsyningsledningen/cirkulationskredsen.*
- *Risikoen ved at Legionella vokser i perifere dele af brugsvandsanlægget, såsom døde ender fra det recirkulerende varmtvandsystem, kan minimeres ved regelmæssig brug af disse ledninger. Når ledningen ikke er i regelmæssig brug, kan ugentlig skylning af disse enheder i flere minutter (se afsnit 3.161) reducere antallet af Legionella, der udledes fra ledningen, betydeligt.*

I part 3 fremgår under *Table 6 Action levels following Legionella sampling in hot and cold water Systems*, her gengivet som tabel 3-1, de kriterier, som Statens Serum Institut's anbefalinger anført i tabel 2-3 har taget afsæt i.

I part 4 tydeliggøres for såvel varmt- som koldt vandssystemer temperaturstyring og rengøring som de centrale elementer i at forhindre *Legionella*. Samtidig anføres anvendelse af opvarmning/temperaturpåvirkning og biocid ved desinfektion.

Mht. opvarmning/temperaturpåvirkning skelnes i pkt. 4.22 og 4.23 mellem:

4.22 Termisk chokbehandling ved 70°C til 80°C i relativt korte perioder er blevet brugt både til nøddesinfektion og som led i langtidskontrol programmer. Imidlertid kan rekolonisering ofte forekomme hurtigt, selv inden for et par uger. Denne metode medfører øget risiko for skoldning og må håndteres omhyggeligt for at undgå risikoen. Det anbefales ikke længere som en del af et langsigtet kontrolprogram.

4.23 *Termisk desinfektion* udføres ved at hæve temperaturen på hele indholdet i

varmtvandsbeholderen fra mellem 70°C til 80°C cirkulerer derefter cirkulere dette vand i hele systemet i op til tre dage. For at være effektiv skal kapacitet og temperatur på varmtvandsbeholderen skal være tilstrækkelig for at sikre, at temperaturerne ved vandhaner og apparater ikke falder under 65°C. Hver hane og hvert apparat skal køres sekventielt i mindst fem minutter ved fuld temperatur, idet der tages passende forholdsregler for at minimere risiko for skoldning; dette skal også måles. For at sikre en effektiv termisk desinfektion skal vandsystemet være godt isoleret.

Legionella (cfu/litre)	Action required
Not detected	Acceptable
<100 to 1000	Refer to the Responsible Person / WSG and ensure real-time monitoring (biocide levels, temperatures, etc.) are within target limits throughout the system.
>1000 to <10,000	Either: (i) If a small proportion of samples (10–20%) are positive, the system should be re-sampled. If a similar count is found again, then a review of the control measures and risk assessment should be carried out to identify any remedial actions; (ii) If the majority of samples are positive, the system may be colonised, albeit at a low level, with <i>Legionella</i> . Disinfection of the system should be considered but an immediate review of control measures and a risk assessment should be carried out to identify any other remedial action required.
≥10,000	The system should be re-sampled and an immediate review of the control measures and risk assessment carried out to identify any remedial actions, including whether a disinfection of the whole system or affected area is necessary.

Kilde: Table 6 Action levels following *Legionella* sampling in hot and cold water system, European Technical Guidelines for *Legionella* [2017 ETG-ESGLI]

Tabel 3-1 Anbefalinger om handling ud fra forskellige reaktions-/grænseværdier.

Vejledningen er udarbejdet af *European Working Group for Legionella Infections (EWGLI)*, der blev dannet i 1986, men som senere indgik i andre samspil og i 2012 blev tilknyttet *The European Society for Clinical Microbiology and Infectious Diseases (ESCMID)*. Den skiftede i fortsættelse heraf samtidig navn til *the ESCMID Study Group for Legionella Infections (ESGLI)*. Arbejdsgruppen er med deltagelse af eksperter fra en række europæiske landes sundheds- og miljø myndigheder faglig stærk. Samlet er det en stor og omfattende beskrivelse byggende på mange indsamlede erfaringer, men den kan virke som et lidt komplekst system byggende på traditionel kontrol. I formålet har der således ikke indgået en vurdering af ny teknologi og udnyttelse af disse muligheder fx ifm. en temperaturmæssig overvågning af anlæggene.

3.4 De energi- og klimamæssige aspekter angående *Legionella* europæisk set

Flere EU HZ2020-projekter med fokus på lavtemperatur-fjernvarme og *Legionella*

I EU har energibesparelser og klima vundet stadig større indpas, hvilket i høj grad er kommet det danske fjernvarmekoncept med lave temperaturer til gode. Samtidig er *Legionella* i stigende grad kommet til at fremstå som en barriere, når det gælder energi og klima for produktion og distribution af brugsvand.

Disse udfordringer har betydet, at ud over gennem europæiske standardiseringstiltag, se pkt. 3.3, har der også i de europæiske udviklingsprogrammer under Hz 2020 været en betydelig fokus på *Legionella* og brugsvand, specielt på grund af ønsker om fortsat at nedsætte fjernvarmetemperaturen ved ultra-lavtemperatur ned til 40 - 50 °C.

Gennem EU HZ 2020 er der blevet igangsat flere store projekter med sigte på fjernvarme ved lave temperaturer, og de kredser alle i et eller andet omfang om legionellaproblematikken.

I et af de tidligere projekter har det udmøntet sig i netværksplatformen <https://celsiuscity.eu/>. Dette netværk, der beskriver sig selv som "The Celsius Initiative is accelerating the energy transition in cities ... The world's largest low temperature district heating grid was inaugurated in Lund ..." har i flere sammenhænge behandlet legionella-problematikken.

Af et 2-siders legionella-notat "Legionella in D-W - Temperature requirements" [2019 Celsius] fremgår bl.a. følgende:

- *In its guidelines for DH substations, Euroheat & Power recommends that there should not be any connection of equipment to the system that could force the temperature below 50°C in any part of the system. Consequently, the outgoing water temperature from the heat exchanger/ storage tank should never be below 50 °C in single-family houses and 55 °C in multi-family houses. Taking distribution losses and temperature drop in the heat exchanger into account, this results in a minimum DH supply temperature of about 55 °C, which is also the level used in several existing low-temperature DH systems. To reach the requirement in multi-family buildings, the temperature may have to be slightly higher, or flat substations may be use.*

Og det fremgår videre for "Small DHW volume approach":

- *The main barrier to reduce the DHW temperature below 50 °C is the risk of Legionella, as mentioned above. Apart from nutrients and favorable temperatures, Legionella bacteria need time to grow. In a building with hot-water circulation, the water is constantly circulating, which means that it is very important that the temperature is kept sufficiently high, as otherwise the Legionella will grow in the biofilm. In order to minimize the time, the Legionella is in the range of temperatures in which it grows, it is important to have DHW only when needed and minimize its volume, i.e. the volume from the heat exchanger and the tap. For single-family houses, this can be achieved by limiting the volume from the house substation and for a multi-family house this can, in practice, be achieved by using flat substations.*

Også de lavtemperatur-orienterede EU HZ 2020-projekter CoolDH, <http://www.cooldh.eu/> og RELaTED, <http://www.relatedproject.eu/> inkluderer udredning og overvejelser angående *Legionella*. Det er belyst i rapporterne hhv. CoolDH Cool ways of using low grade Heat Sources from Cooling and Surplus Heat D2.1 [2018 CoolDH] , og RELaTED – D2.2 Interconnection schemes for consumer installations [2019 RELaTED].

I begge projekter er der fokus på sikring af en tilstrækkelig brugsvandstemperatur gennem anvendelse af små varmepumper (micro-boosters) dedikeret til at øge brugsvandstemperaturen. Samtidig er der opmærksomhed på at finde alternative løsninger, herunder gennem anvendelse af biocider, ionisering, ozon, UV og filterløsninger – og evt. i kombination. UV og filter kan bruges både generelt og lokalt ved at desinficere forsyningsvandet/det kolde eller varme afgangsvand, og der tilføres derfor ikke flere/nye mikroorganismer til systemet, ligesom filterløsninger også fjerner partikler/næringsstoffer. Løsningerne bevirker teoretisk, at man kan holde systemet ”fri” for bakterier, men ved den praktiske anvendelse er det væsentligt, at der ikke kan ske forurening af vandet fra fx døde ender.

I projekterne fremhæves generelt:

- Behov for at se på alternativer i forhold til den vanlige sikring alene via temperaturen, men således at løsningernes sikkerhed underbygges via videns-baserede risikovurderinger.
- Øget decentralisering af brugsvands-produktionen gennem placering af brugsvandsenheder i de enkelte boligenheder, hvilket giver kortere strækninger og ofte uden behov for cirkulation. Samtidig betyder det, at et udbrud af Legionella påvirker et mindre antal beboere.

Gennem udredning og spørgeskemaundersøgelser vedr. krav og praksis i forskellige lande konstateres samtidig et noget varieret mønster. Dette gælder både mht. de præcise krav, og til hvordan det tackles. Således er der i lande, hvor fremløbstemperaturen tidligere har været høj, ikke samme opmærksomhed på legionella-problematikken, som i lande, der løbende har arbejdet med en lavtemperaturudvikling. Generelt er den manglende konsistens og gennemskuelighed angående krav og løsningsgrundlag overraskende – og som kan opfattes udfordrende ift. udvikling af nye løsninger på tværs af landegrænserne – et forhold, der også er belyst i fx [2019 IEA], se afsnit 4.3.

Konstaterede udfordringer angående alternative løsninger til temperaturbehandling

I masterafhandlingen [2018 Karlsson], som indgår i CoolDH-projektets udredning vedr. *Legionella*, kommer man rundt om en række legionella-problematikker. Der tydeliggøres samtidig en frustration angående manglende alternativer til temperatursikring bl.a. gennem følgende: *There are many techniques that could theoretically be applied. These can be divided into three subcategories: mechanical techniques, sterilization techniques and alternative system design. Although some of the techniques are already commercially available many cannot be implemented since they do not comply with current legislation regarding temperature requirements. The only currently applicable solutions in LTDH systems are those that boost the temperature, i.e. solutions with an auxiliary heating device.*

3.5 Tyske krav og vejledninger - og misforståelsen angående små brugsvandsanlæg

Der har gennem en årrække været – og er det desværre til dels stadig - en opfattelse blandt mange installatører, ingeniører m.fl., at der gennem de tyske krav var god dokumentation for at tillade lavere temperaturer ved små brugsvandsanlæg med samlet vandvolumen på 3 L eller derunder. Dette er som det fremgår efterfølgende en uheldig misforståelse, som naturligvis i betydelig grad udfordrer arbejdet med at finde løsninger på legionella-problematikken, og som samtidig har god balance med energi- og klimaønskerne.

UBA med myndighedskrav og DVGW med supplerende Arbeitsblätter W551

De overordnede tyske myndighedskrav vedr. drikkevands- og brugsvandsanlæg er fastlagt af den tyske myndighed på miljøområdet *Umwelt Bundes Amt (UBA)*. Kravene er overordnet beskrevet i publikationen "*Rund um das Trinkwasser*" fra 2010 [2010 UBA], som fremgår af UBA's-hjemmeside under: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/rund-um-trinkwasser>

I *Rund um das Trinkwasser* side 37 står der bl.a.:

- *Deshalb sollte gemäß den allgemein anerkannten Regeln der Technik das warme Wasser überall im Leitungssystem immer eine Temperatur von mindestens 55°C aufweisen. Gesundheitlich riskant wäre es, hier Energie zu sparen. Jedenfalls sind sogenannte „Legionellschaltungen“, die das Wasser nur kurzzeitig auf 60°C erhitzen und ansonsten Temperaturen unterhalb von 55°C zulassen, kein sicherer Ersatz.*

I sammenhæng med de tyske myndighedskrav har DVGW haft ansvaret for præcisering af kravene, hvilket bl.a. er sket gennem forskellige Arbeitsblätter.

Her er Arbeitsblatt W 551 fra April 2004 et centralt dokument. Det bygger på en opdeling i:

- „*Kleinanlagen*“, der er små anlæg med drikkevandsbeholdere med et indhold på max 400 l og et indhold på under 3 l i hver rørledning mellem drikkevandsbeholderens udløb og tæppestedet. Den mulige cirkulationskreds tages ikke i betragtning.
- „*Grossanlagen*“, der er store anlæg med drikkevandsbeholdere og indhold over 400 l og/eller større end 3 l i hvert rør mellem drikkevandsbeholderens udløb og tæppestedet.

Det fremgår samtidig, at fordelingsledninger og / eller individuelle fødeledninger med en vandmængde under 3 liter kan udføres uden cirkulation.

Ifølge W 551's afsnit 8.3.2 skal alle dele af rørledningssystemet eller rørsystemet i sin helhed vurderes mht. flow, separat opvarmning og varmeisolering med isoleringstykkelser, som mindst er i overensstemmelse med gældende krav, og som resulterer i at temperaturen i det samlede system ikke falder til under 55 °C.

Er der på grund af fx *Legionella* behov for en termisk desinfektion, skal denne dække hele systemet inklusive alle taparmaturer, og det anføres at *Legionella* dræbes på kort tid ved en temperatur på over 70 °C.

Der har løbende været betydelig opmærksomhed på de lempeligere krav ift. *Legionella*, som W551 tilsyneladende lægger op til. I Tyskland har DVGW i samspil med Karin Rühling og andre forskere løbende arbejdet med problematikken angående vandvolumener under 3 liter, jf. fx [2012 Rühling], [2014 Rühling] og [2018 Rühling]. Tilsyneladende har man dog stadig ikke kunnet finde belæg for dette.

UBA's tydeliggørelser i 2011 og 2020 af legionella-kravene vedr. brugsvand

I notatet *Stellungnahme des UBA* fra september 2011 [2011 UBA] tydeliggøres UBA's krav, idet det under begrebet Legionella-kredsløb fremgår (uofficiel oversættelse til dansk):

- *Så kaldte "legionellakredsløb" er beregnet til at kontrollere væksten af Legionella ved periodisk (fx en gang om dagen) at opvarme varmtvandsforsyningen til mere end 60 °C. I mellemtiden køler vandet ned igen til den lavere driftstemperatur gennem varmetab og varmeudvinding. UBA anser ikke sådanne systemer for at være egnede til at sikre en effektiv reduktion i koncentrationen af Legionella. Grundlæggende skal der sondres mellem at forhindre vækst (fra 55-60 °C) og at*

dræbe eksisterende Legionella: sidstnævnte kræver mindst 70 °C. Hvis legionellakoncentrationen i varmtvandssystemet er steget til et sundhedsfarlig niveau ved lave driftstemperaturer, vil stigningstakten ved en temperatur på 60 °C kun blive reduceret i en kort periode, men koncentrationen af vitale (levende) Legionella ville næppe blive reduceret. I afkølingsfasen kan disse celler derefter fortsætte med at formere sig. Termisk desinfektion, dvs. aflivning af levende Legionella, kan kun opnås pålideligt ved at øge temperaturen til 70 °C i hele varmtvandssystemet (ink. tapsteder). Temperaturer over 60 °C kan ikke garanteres "or "legionella-kred"løb", da en hyppig stigning over 60 °C har for stor indflydelse på installationsmaterialerne. Den nødvendige stigning i energibehovet diskuteres ikke yderligere her.

Für Mensch & Umwelt

Stand: 11.12.2020



Mitteilung des Umweltbundesamtes

Kollisionsregel Trinkwasserverordnung und Gebäudeenergiegesetz - Mindesttemperatur von erwärmtem Trinkwasser aus Großanlagen zur Trinkwassererwärmung

Mitteilung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der
Trinkwasserkommission

Figur 3-3 Udmelding fra UBA tydeliggør og fastholder de tyske krav

Senest i "Mitteilung des Umweltbundesamtes" fra 11. december 2020 [2020 UBA], se figur 3-3 anføres:

- *Zur Vermeidung einer Vermehrung von Legionellen in Trinkwasser-Installationen von Gebäuden fordert das DVGW-Arbeitsblatt W 551, als allgemein anerkannte Regel der Technik in Systemen mit zentraler Trinkwassererwärmung, Mindesttemperaturen für das erwärmte Trinkwasser. Am Austritt des Trinkwassererwärmers in einer Großanlage nach § 3 Nummer 12 TrinkwV muss danach eine Temperatur von 60 °C dauerhaft eingehalten werden. Zusätzlich darf die Warmwassertemperatur im gesamten Zirkulationssystem eine Temperatur von 55 °C in einer Großanlage nicht unterschreiten.*

Ved afgang fra vandvarmeren i et stort system skal vandet iht. § 3 nummer 12 TrinkwV have en temperatur større end 60 °C, og som skal kunne opretholdes på lang sigt. Hertil kommer, at varmtvandstemperatur i hele cirkulationssystemet skal have en temperatur på mindst 55 °C i et stort system.

- *Das Gesetz zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude – Gebäudeenergiegesetz (GEG) vom 8. August 2020 (BGBl. I S. 1728) verweist zur Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfes von Gebäuden auf verschiedene Teile der DIN V 18599vi. Gemäß dieser Norm sind bestimmte mittlere Temperaturen im Trinkwassernetz mit Zirkulation bzw. im Speicher gefordert, es gibt keine Anforderungen für Mindesttemperaturen.*
- *Gemäß DVGW Arbeitsblatt W 551 gelten für Planung, Bau und Betrieb von Trinkwasser-Installationen weiterhin in Großanlagen oder Anlagen mit einem Inhalt von mehr als 3 Litern in mindestens einer Rohrleitung zwischen dem Abgang des Trinkwassererwärmers und der Entnahmestelle bzw.*
- *Anlagen mit Zirkulation die Mindesttemperaturen von 60 °C am Abgang vom Trinkwassererwärmer sowie von mindestens 55 °C an jeder Stelle der Warmwasserzirkulation.*

Afsluttende melding om de tyske krav fra seneste IEA-arbejde i 2020

Angående de tyske krav, der som det fremgår flere andre steder i rapporten har ført til fejlkonklusioner, skal det afsluttende anføres, at der i summary for den i afsnit 4.3 nævnte IEA-rapport om varmepumper [2020 IEA-HPT] fremgår:

- *According to the German Standard W551 the system is safe with temperature below 50 °C if the total volume of the DHW system excluding HEX is less than 3 L (“3 L rule”). This is based upon the experience that in small DHW system, when there is no circulation the water in the system cools down to room temperatures. These findings are not taken over by a number of standards in other European countries.....*

Interestingly the origin country of the “3 L rule”, Germany, is not applying it. Germany recommends an operation temperature of a DHW system to be at least 50°C (DVGW, 2004), whereas the 3 L rule is applied in France. There are only two exceptions to a temperature requirement of at least 50 °C. These are in Denmark at peak flow times, when a temperature of 45 °C is accepted, and in France that has applied the 3 L rule for small systems. Under other circumstances and in the other countries the minimum temperature in the domestic hot water system varies between 50 °C and 65 °C. It is difficult to say if and how these legislations could be altered. To change regulations, it is imperative to present a safe solution, guaranteeing the water quality with regards to Legionella that is also accepted by the general public.

3.6 Nordiske krav og vejledninger - samt undersøgelser for små brugsvandsvekslere

I Sverige har der som i Danmark over en længere periode været opmærksomhed på legionella-problematikken og temperaturrens betydning.

Allerede i 2002 udgav VVS-Installatörerna en særdeles grundig og omfattende lærebog: *Legionella – Risker I VVS-installationer* udarbejdet af Göran Stålbom og Rolf Kling [2002 Stålbom]. Her belyses fx også den tidsafhængige problematik angående legionella-tilvækst/reduktion ved varierende temperaturer. Siden er der blevet gennemført en række andre tiltag, ligesom der på et tidspunkt fandtes en samlende hjemmeside om håndtering af *Legionella* i brugsvandsinstallationer.

I 2006 offentliggjorde VVS-Installatörerna en større undersøgelse *Legionella i vatteninstallationer*, som indeholder en omfattende kortlægning af svenske bygninger. Det fremgår heraf, at bl.a. risikoen for ledninger med stillestående vand – dvs. ”døde ender” - er meget markant og gælder for over 80 pct. af bygningerne.

I brancheregler fastlagt under ”Säker Vatten” i 2016 [2016 Säker Vatten] præsenteres bl.a. følgende angående vandinstallationer:

▪ *4.4 Temperaturkontroll*

Temperaturkontroll ska utföras innan tappvattensystemet tas i drift. Injustering av VVC-systemet ska vara färdig innan temperaturkontrollen utförs. Kontrollerna ska dokumenteras. Följande temperaturer ska kontrolleras:

Lägst 60 °C i varmvattenberedare eller ackumulator. I varmepumpar där temperaturen i varmvattenberedare inte värms till 60° C ska säkerhetsfunktionen vara inställd så att beredaren hettas upp automatiskt minst en gång per vecka.

Lägst 55 °C och högst 60 °C på utgående varmvatten till installationen. I installationer som värms med värmepumpar enligt punkten ovan kan utgående temperatur bli lägre än 55 °C. I dessa installationer är det olämpligt att installera VVC.

Lägst 50 °C på VVC-systemets returledning.

Lägst 50 °C på samtliga VVC-slingor.

Formodentlig også inspireret af de tyske tiltag ang. lavere temperaturer i små brugsvandsvekslere, se afsnit 3.5, har der også i Sverige været en betydelig fokus på mulighederne for at kunne reducere vandtemperaturen, såfremt man anvendte små brugsvandsvekslere. Med RISE (tidligere SP) som drivkraft – og i samarbejde med bl.a. Lunds Universitet - blev der gennemført et projekt rettet mod en række laboratorieforsøg. Efter afslutning af den sidste del er resultatet imidlertid blevet, at man på baggrund af de gennemførte tiltag ikke har kunne dokumentere en signifikant og reproducerbar løsning med lavere temperatur. Det fremgår af præsentationer både ved den svenske og den danske temadag i 2021 [2021 Hamberg] og [2021 Löfström]. Der forventes dog arbejdet videre med udfordringerne.

Lunds Universitet har som anført i afsnit 3.4 også været involveret i EU HZ –20--projektet CoolDH bl.a. gennem master-afhandlingen ”*Overcoming issues with Legionella in DHW in LTDH systems*” fra 2018 og RISE i IEA-rapporten *Legionella and Heat Pump Water Heaters – HPT-Annex 46 – IEA-report* fra 2020 omtalt under afsnit 4.3.

I Norge har der været forholdsvis få tilfælde af legionærsyge, jf. del 2, afsnit 2.2. Der er dog en forholdsvis stor opmærksomhed angående problematikken, hvilket i 2021 førte til opstart på projektet SESILE: Serviceable, Environmentally reSponsible & Safe—Integrating automated *Legionella* mitigation into potable building water system design”, der ledes af Sintef.

3.7 Belgisk simuleringsmodel for *Legionella* i brugsvandsinstallationer

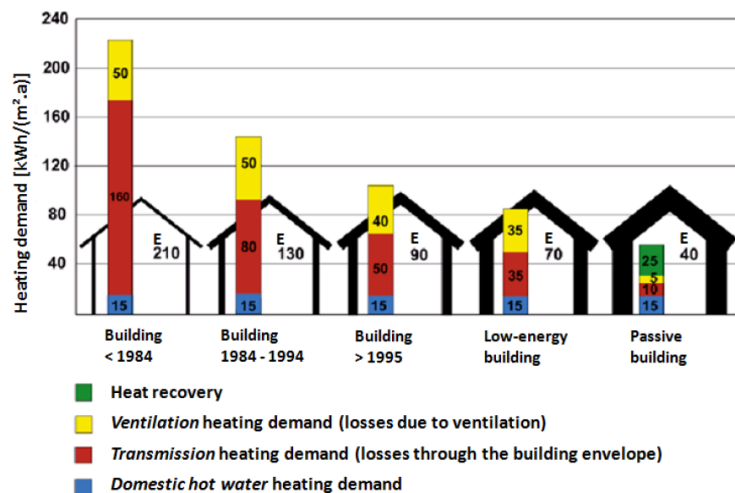
Energiforbruget til opvarmning af brugsvandet fylder stadig relativt mere

Samspillet mellem energibesparelser og legionellasikring har gennem en årrække haft stor opmærksomhed på Gents universitet og fokuserende på brugsvandsinstallationer i bygninger. Tilskyndelsen har i høj grad været båret af dels det overforbrug af energi, som legionellasikring giver anledning til, dels at energi til varmt brugsvand vejer stadig tungere i takt med at energiforbruget til rumopvarmning falder, se figur 3-4.

Her fremgår, at energiforbruget til brugsvandsopvarmning udgør ca. 800 kWh/beboer/år, men hvor det for en énfamiliebolig tidligere udgjorde ca. 10 pct. af det samlede opvarmningsbehov, så udgør det nu for lavenergi- og passive bygninger hhv. godt 15 pct og godt 25 pct. Dvs. en udvikling, der noget ligner den danske, se afsnit 2.9, om end opgørelserne er noget forskelligt baserede.

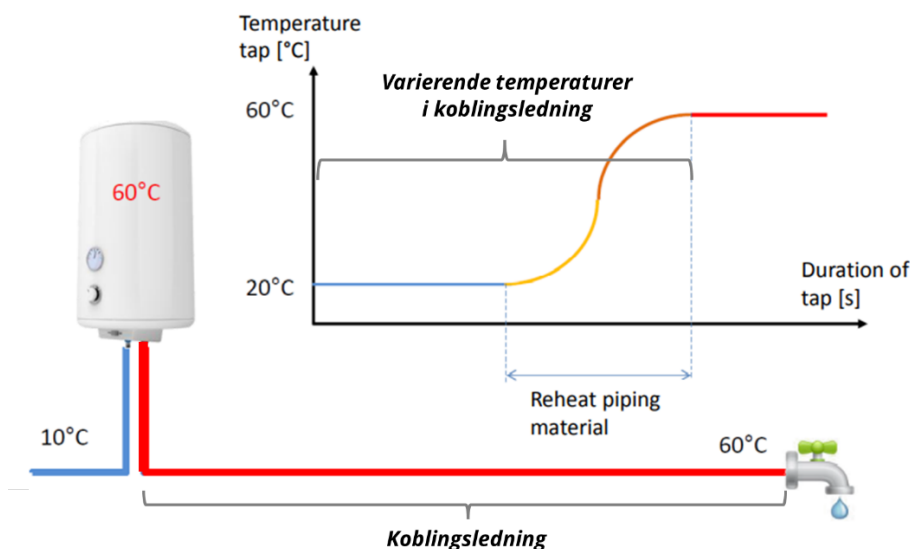
Arbejdet har omfattet en række udredninger og undersøgelser, hvoraf nogle også har haft til formål af afklare, hvorvidt der er mindre risiko for dannelse af biofilm i koblingsledninger med max 3 liter og tilsluttet en varmtvandsbeholder. Herunder har bl.a. indledende undersøgt de temperatur- og evt. biofilmforhold, der optræder i koblingsledningen, jf. figur 3-5.

- Improving insulation levels and air tightness of building envelopes
- Production of DHW dominates total energy demand
 - 80kWh/occupant/year
 - 15kWh/m²/year



Kilde: Verlagen van energiegebruik in residentiële sanitair warm water systemen [2016 Kenhove 2]

Figur 3-4 Udviklingen i det belgiske energiforbrug til brugsvandsopvarmning.



Kilde: Verlagen van energiegebruik in residentiële sanitair warm water systemen [2016 Kenhove 2]

Figur 3-5 Undersøgelse af forholdene i koblingsledning.

Undersøgelserne er senere blevet fortsat via den simuleringsmodel og det verifikationsgrundlag, som er omtalt i del 1, afsnit. 3.4. I de afledte referencer, dels [2019 Kenhove phd og Kenhove 1 og 2], dels den nyeste "Design and operation of domestic hot water systems" [2019 Hove] er anført flere eksempler på legionellasikring og energioptimering.

Fra sidstnævnte skal bl.a. anføres følgende konklusioner:

- *The cold water system analysis (i.e., objective 2) demonstrated that separating DHW and CW pipes is of great importance in order to keep the CW below 20 °C (Legionella is in dormant stage below 20 °C). Just as the BBT states, CW insulation can be added, which will lower the CW temperature 3 to 4 °C during the greatest part of the day.*

- *When these best-case optimisation measures are evaluated in terms of Legionella pneum. concentration, the DHW conventual 55 °C-at-tap regulation shows no alarming Legionella pneum. concentrations. The heat shock regulation also proofs to be suitable when one heat shock is executed every week. The CW system proofs to be safe in the current situation. Although in dead pipe ends, Legionella pneum. proliferation occurs, which can contaminate the system in time, but this is not perceived in a 9-day simulation.*
- *In conclusion, the obtained results proof that the Modelica growth model can assist HVAC designers to quantify and decrease the Legionella infection risk in the design phase as well as optimize existing DHW and CW systems. Furthermore, Modelica models are able to reduce the thermal energy use drastically by testing various scenarios (e.g., up to 43.4% in the case study) in existing DHW systems.*

Projektgruppen har fundet simuleringsmodellen interessant bl.a. med henblik på at kunne vise, hvordan koblingsledninger optræder temperaturmæssigt, og hvor der er mulighed/risiko for at der kan dannes biofilm. Samtidig har en gennemgang af den fundamentale verifikation af modellen gennem test dog stillet flere spørgsmål til visse af konceptets forudsætninger, ligesom der i enkelte af artiklerne har været peget på manglende overensstemmelse med test udført på fransk laboratorium. Heller ikke det i del 1, afsnit 3.4 nævnte virtuelle møde har afklaret dette.

I tilknytning til ovennævnte skal samtidig anføres det i del 1, afsnit 3.4 omtalte, beslægtede initiativ under REHVA (The Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning associations).

3.8 Andre undersøgelser med relation til Legionella

I artiklen *Roadblocks to Low Temperature District Heating* [2020 Millar] er der med udgangspunkt i britiske forhold, men med skelen til de danske 4. generations fjernvarme, givet en vurdering af legionella-udfordringerne vedr. fjernvarme, og det konstateres at grundet udfordringerne med temperaturkompensering er det ofte nødvendigt at anvende andre desinfektionsmetoder. De svarer i stor træk til dem andre anbefaler.

Et større review over mulighederne vedr. smarte 4. og 5. generations fjernvarmesystemer i Østersø-landene *Smart Asset Management for District Heating Systems in the Baltic Sea Region* [2021 Grzegórska] anfører at brugsvandsproduktion ved under 55 °C udgør et gunstigt miljø for væksten af legionellabakterier. Det anføres samtidig, at den enkleste løsning til at forhindre vækst af *Legionella* er et højtemperaturregime og varmtvands-cirkulation, men at denne løsning ikke er egnet for de nye systemer. Derfor hælder man med reference til [2016 Yang] mest til alternative løsninger gennem decentraliseret tilslutning og anvendelse af mikrovarmepumper eller anvendelse af desinfektionsteknikker såsom ionisering, UV-lys, klortilsætning eller anvendelse af filtre.

4 INTERNATIONALE KRAV, VEJLEDNINGER OG UNDERSØGELSER

4.1 WHO med fokus på det sundhedsmæssige

WHO (World Health Organization) er et FN-organ oprettet 7. april 1948 til varetagelse af international sundhed. Sikkerhed og kvalitet mht. drikkevandsforsyning og brugsvand i øvrigt er grundlæggende for menneskelig udvikling og velvære og derfor en del af WHO's virke.

Som den internationale myndighed for folkesundhed og vandkvalitet leder WHO den globale indsats for at forhindre overførsel af vandbårne sygdomme. Dette opnås ved at fremme sundhedsbaserede reguleringer til regeringer og arbejde med partnere for at fremme effektiv risikostyringspraksis til vandleverandører, lokalsamfund og husholdninger.

WHO har gennem tiden udarbejdet forskellige publikationer vedr. sikring af vandkvaliteten, herunder vedr. *Legionella*. Dette har bl.a. givet input til arbejdet med EU's nye drikkevandsdirektiv, se afsnit 3.1.

Den centrale WHO-dokumenter i relation til brugsvand og *Legionella* er:

- *Legionella - and the prevention of legionellosis, 2007*
- *Water safety in buildings, 2011*
- *Drinking water risk assessment, 2016*
- *Quantitative Microbial Risk Assessment: Application for Water Safety Management, 2016*
- *Strengthening drinking water surveillance using risk based approaches, 2019.*

Legionella - and the prevention of legionellosis [2007 WHO] er et omfattende værk på 276 sider om *Legionella* og legionellabekæmpelse og angiver over 600 referencer. Rapporten omhandler miljøer som udgør risiko for vækst og spredning af *Legionella*, såsom køletårne, pools og spabade, men også vandinstallationer. Den er rettet meget mod kontrol og opfølgning ved udbrud, inkl. med eksempler, end med konkrete krav.

Rapporten anfører følgende risikofaktorer for vækst af *Legionella* i brugsvandsinstallationer:

- *poor water quality and treatment failures*
- *distribution system problems such as stagnation and low flow rate*
- *construction materials that contribute to microbial growth and biofilm formation*
- *inefficient or ineffective disinfection*
- *water temperature of 25–50 °C*
- *presence of biofilms*
- *aerosol production.*"

Der angives bl.a. følgende råd:

Under "Water quality and treatment — control measures":

- *Where temperature controls (discussed below) cannot be maintained, an alternative means of control needs to be implemented; for example, where legionellae multiply in warm areas of cold-water systems. The effectiveness of control measures for Legionella depends on many variables. Physical systems such as ultraviolet (UV) and filtration may be satisfactory if fitted near the point of use, but they are not dispersive; that is, they do not form a residual level of treatment*

throughout the water system and therefore will not affect biofilms harbouring Legionella downstream of their point of use.

- *Applying alternative control techniques requires detailed consideration of the extent and complexity of the system, and of the composition of the water. Where alternative measures are implemented, monitoring is needed to ensure that controls are adequate and maintained*
- *Tap diffusers reduce water use but can increase aerosol production. Therefore, in high-risk areas, such as hospitals, diffusers should not be installed (and facilities should consider removing diffusers that are already in place). Mixing valves should be as close to the shower outlet as possible, and shower fittings should be detachable so that they can be routinely cleaned and disinfected.*

Under "Distribution systems — control measure"s:

- *Pipes should be as short as possible. In complex systems, regulating valves should be used to control flow. Dead ends should be avoided in both the design and construction phases, and in existing systems they should either be removed or regularly flushed*

Under "Biofilms — control measures":

- *A critical objective of any strategy to prevent the proliferation of Legionella in plumbing systems should be to minimize the development of biofilms hosting Legionella.*
- *In systems in which water temperature at the tap cannot be maintained at 50 °C because of the risk of scalding a susceptible population (e.g. in an old people's home), alternative means of control should be implemented. Alternative measures include the use of biocides or periodic flushing (superheating) of the system with a return (and tap water) temperature of at least 60 °C. This measure requires stringent safety measures to prevent scalding.*

Med hensyn til grænserne for *Legionella* i brugsvandet gives ikke et entydigt forslag, men der anføres bl.a. de i tabel 4-1 viste eksempler på forskellige landes grænser for handling. I Danmark er der fra SSI foreslået en reaktionsgrænse på 1000 CFU/L, jf. afsnit 2.

Country	Value (CFU/litre)	Comment	Reference
The Netherlands	>1000	• Immediate action is needed to prevent closure of (part of) system involved	VROM (2002)
United Kingdom	100–1000	• Action depends on whether just one or two or the majority of samples are positive; review of control measures and risk assessment required; possible disinfection	HSE (2004)
	>1000	• Immediate review of control measures and risk assessment required; possible disinfection	
United States	>10 000	• Prompt cleaning and/or biocide treatment of the system	OSAH (2005)
	>100 000	• Immediate cleaning and/or biocide treatment; take prompt steps to prevent employee exposure	

CFU = colony forming units

Kilde: [2007 WHO: Table 4.3 Examples of values used as levels for corrective action..]

Tabel 4-1 Eksempler på kintals-grænseværdier for rørsystemer.

Rapporten indeholder mange anbefalinger og råd men uden at være særlig specifik. Eksempelvis anføres "low flow rate" bør undgås, men uden at specificere nærmere.

Water safety in buildings [2011 WHO] omhandler sikkerhed i omgang med vand i bygninger, hvor mennesker bruger eller udsættes for vand, men med særligt fokus på bygninger, der omfatter offentlig brug eller fælles faciliteter. Der beskrives bl.a. udarbejdelse og anvendelse af risikovurderinger samt påpeger særlige risici, som fx:

- dårligt flow og stagnation på grund af dårligt design, herunder lange koblingsledning og blinde grenrør og blindgyder.
- ujævnt forbrug eller længere perioder uden brug (fx på hoteller med sæsonbestemt belægning; skoler i ferier).
- dårlig temperaturkontrol, herunder utilstrækkelig varmekapacitet og dårligt design af varmtvandsanlæg, herunder lange koblingsledninger/stikledninger.
- forhøjede temperaturer i koldt vandssystemer på grund af nærhed af varmt vandssystemer og andre varmførende rørvarmt vandssystemer og dårlig isolering.
- uegnede materialer brugt i VVS-produkter, der udvasker farlige kemikalier eller understøtter mikrobiel vækst, men også forhold, der fx fører til øget korrosion eller tilkalning.

Quantitative Microbial Risk Assessment: Application for Water Safety Management [2016 WHO Quantitative risk]: WHO ser risikovurderinger som meget centrale i sikring af drikkevandskvaliteten, herunder også i fm. brugsvand. Til understøtning af dette arbejde er udarbejdet flere dokumenter med dette, som det centrale. Dokumentet beskriver bl.a. de forskellige elementer i en risikoanalyse vedr. den mikrobielle aktivitet, QMRA (**Quantitative Microbial Risk Assessment**) for sikkerhedsbedømmelse af vand og er yderligere belyst i del 4.

Recommendations - Drinking Water Parameter Cooperation Project Support to the revision of Annex I Council Directive 98/83/EC on the Quality of Water Intended for Human Consumption (Drinking Water Directive) [2017 WHO Recommendations] angiver WHO's indmeldinger angående arbejdet med EU's nye drikkevandsdirektiv, Jf. afsnit 3.1.

I dokumentet er ordet "*Legionella*" omtalt 292 gange og på side 242 gives en række anbefalinger, som i vid udstrækning er indarbejdet i direktivet, og som senere påregnes inddraget i dets implementering fra 2023.

Anbefalinger vedr. *Legionella* fremgår af dokumentets afsnit 7 og anfører:

- *We recommend including a requirement to assess the risk of Legionella proliferation in warm drinking-water installations in priority buildings.*
- *We recommend including a requirement for operational monitoring of temperature to confirm effective operation of control measures that should prevent Legionella proliferation.*
- *We recommend including a requirement for verification monitoring of Legionella with a trigger value which is intended to prompt corrective action to prevent further Legionella proliferation.*
- *We recommend a risk-based response to an exceedance of the trigger value, requiring more strict and rapid corrective actions when higher Legionella concentrations are found.*
- *Options to make the requirements more risk-based and control costs are discussed.*

Dette er efterfølgende præciseret i nogle tabeller, jf. det i tabel 4-2 og 4-3 viste forslag til overvågning.

Parameter	Role in risk-based approach	Priority for inclusion	Monitoring requirement	Value	Monitoring site	Remarks
Temperature	Confirmation of effective operations of control measures preventing <i>Legionella</i> proliferation	High	Yes	Yes	Warm water system	New parameter Values are intended to be triggers for corrective action to prevent <i>Legionella</i> proliferation
				Water at point of use (warm water tap, shower head): >55°C ¹ <25°C	Cold water system	

¹ This applies to the temperature of the warm water system before mixing with cold water.

Kilde [2017 WHO Recommendations, Table 2 Suggested parameter for operational monitoring..]

Tabel 4-2 WHO's anbefalinger angående temperaturkontrol.

Parameter	Role in risk-based approach	Priority for inclusion	Monitoring requirement	Value and frequency ¹	Monitoring site	Remarks
<i>Legionella</i>	Verification of adequate control of <i>Legionella</i>	High	Yes, culture method	Value: <1000/L Frequency: Small systems (<10 m ³ /d): 1 site per year Medium-sized systems (10-60 m ³ /d): 10 sites per year Large systems (>60 m ³ /d): 1 site per 5 m ³ (or part thereof) per year	Consumer's tap: Monitoring should focus on sites where there is aerosolization (showerheads, warm water taps) and thus the highest risk of <i>Legionella</i> occurrence	New parameter Value is intended to be a trigger for corrective action to prevent further <i>Legionella</i> proliferation

¹ The risk assessment may point to conditions where *Legionella* growth is more likely to occur and should guide the monitoring to these conditions.

Kilde [2017 WHO Recommendations, Table 3 Suggested parameter for verification..]

Tabel 4-3 WHO's anbefalinger angående overvågning og kontrol af *Legionella*.

4.2 Nogle oversøiske landes myndighedskrav og undersøgelser

Referencer fra flere amerikanske og andre oversøiske, engelsktalende lande

I en række lande uden for Europa – bl.a. Canada, USA, Australien og Sydafrika er der med mere eller mindre afsæt i WHO's anvisninger etableret forskellige grundlag for kontrol og test vedr. *Legionella*.

I USA har den amerikanske NSF (National Science Foundation) været meget aktive mht. gennemførelse af konferencer og tiltag angående *Legionella*, og med sigte på såvel brugsvand, som andre potentielle kilder for legionærsygdom.

Omfattende rapport med en række sammenfatninger

Den ret omfattende rapport "Management of *Legionella* in Water Systems" fra 2020 [2020 *Legionella* Management] kommer godt rundt om alle aspekter af *Legionella* – sygdom, diagnostik, overvågning, sygdomsbyrde, økologi, vækstbetingelser, risikofaktorer, prøvetagning, analysemetoder, forebyggelse og kontrol. Der angives hvad der findes af kontrol- og forebyggelsesprogrammer samt lovgivning på området i USA (og i andre udvalgte lande). Rapporten tager naturligvis udgangspunkt i forholdene i USA, og kan ikke direkte oversættes til europæiske og danske forhold, men der er alligevel mange betragtninger, der også er relevante for danske forhold.

Stort set alt forsyningsvand i USA er klorbehandlet overfladevand eller blandet vand (der er ingen krav til behandling af grundvand og vand fra private brønde, som også kun udgør en lille andel). Den generelle klorbehandling er antageligt afgørende for at relativt få systemer (i institutioner og ejendomme) faktisk er koloniserede (ca. 20%). I USA er der langt flere køletårne (som anses som væsentlige smitekilder) i forhold til hvad vi har i Danmark. Herudover er der sandsynligvis en række andre faktorer der adskiller sig fra Danmark og EU. Alligevel er langt de fleste tilfælde (>95%) sporadiske ligesom i Danmark og EU.

Diagnostik og overvågning af legionellose/legionærsygdom er i USA ikke på samme høje niveau som i Danmark og andre vesteuropæiske lande, dette gennemgås kritisk. Alligevel er den registrerede incidens i USA højere end i Europa (EU) (godt 3 tilfælde pr. 100.000 i 2018; i EU/EEA 2,2 tilfælde pr. 100.000 i 2018; i Danmark 4,57 tilfælde pr. 100.000 i 2018). De Amerikanske tal indeholder også Pontiac feber, men udgør en meget lille andel af de indrapporterede tilfælde. USA har ligesom EU set en stigende incidens gennem de senere år (se delrapport 2 afsnit 2.3). Beregninger i USA tyder på at det reelle antal tilfælde er op til 10x højere end det registrerede.

Der er også relevante betragtninger vedr. energi- vandbesparelse og grøn energi/"grønt" byggeri, og de mulige uheldige konsekvenser.

I henhold til rapportens konklusioner er temperaturen i varmtvandssystemer den vigtigste faktor for at kontrollere *Legionella* i varmtvandssystemer. Der angives at temperaturen for varmt vand minimum skal være 60°C og minimum 55°C ved tapsteder. Det skal bemærkes at de foreslåede temperaturkrav gælder uanset klorbehandling af forsyningsvandet og for vandssystemer med on-site biocid behandling.

Ud fra en risikovurdering (risiko for sygdom/udbrud) sættes en grænseværdi på 50.000 cfu/L, som i forhold til Europæiske grænseværdier (generelt <1.000 cfu/l) er et ret højt niveau. En udbredt metode til risikovurdering i USA (specielt for health-care facilities), er en vurdering af andelen af prøver der er positive uanset koncentrationen af *Legionella* (grænseværdi 30% positive prøver), denne metode kritiseres for ikke at være tilstrækkeligt valideret.

Global opmærksomhed angående ikke planlagte lukninger

Covid har over hele verden ført til langvarige nedlukninger af bygninger. Flere har derfor fokuseret på, hvad man gør, når der efterfølgende skal startes op igen, hvilket bl.a. har afledt, at ESGI (ESCMID Study Group for Legionellae Infections) har udarbejdet en særlig vejledning, som SSI har

udgivet på dansk, se [esgli-vejledning-til-styring-af-legionella-i-bygningers-vandsystemer-under-covid_fin.pdf \(ssi.dk\)](#).

Vedlagt som figur 4-1 yderligere en instruks udarbejdet af en amerikansk Legionella-organisation.

- 4 - May 18, 2020

BUILDING POTABLE WATER SYSTEM FLUSHING RECOMMENDATIONS

SHORT-TERM STAGNANT CONDITIONS - 1 TO 2 WEEKS

1. Perform Building Water System Flushing only if:
 - a. The disinfectant level in the municipal water at the closest tap entering building is ≥ 0.5 free or ≥ 1 ppm total chlorine.
2. Consider Disinfection in addition to flushing if any of the following are true;
 - a. The disinfectant level in the municipal water at the closest tap entering building is < 0.5 ppm free or < 1 ppm total chlorine,
 - b. There are known issues with the plumbing system,
 - c. There are fixtures known to increase *Legionella* growth potential such as point of use mixing valves or electronic faucets,
 - d. The building should, but does not have, a risk management plan to comply with ASHRAE 188,
 - e. The system design and operation does not comply with ASHRAE Guideline 12.

MODERATE-TERM STAGNANT CONDITIONS - 2 TO 4 WEEKS

1. Perform Hydrant / Water Main Service Line Flushing then,
2. Perform Building Water System Flushing only if:
 - a. Municipal water supply disinfectant level is ≥ 0.5 ppm free or ≥ 1 ppm total chlorine.
3. Consider Disinfection if,
 - a. The municipal water supply disinfectant level is < 0.5 ppm free or < 1 ppm total chlorine,
 - b. There are issues with the plumbing system,
 - c. There are fixtures known to increase growth potential such as point of use mixing valves or electronic faucets,
 - d. The building should, but does not have a risk management plan to comply with ASHRAE 188,
 - e. The system design and operation does not comply with ASHRAE Guideline 12.

LONG TERM STAGNANT CONDITIONS - MORE THAN 4 WEEKS

1. Perform Hydrant / Water Main Service Line Flushing, then
2. Perform Building Water System Flushing then,
3. Perform Disinfection.

Note: Disinfection may be combined with flushing

© 2020 Legionella Risk Management, Inc.
Cost Effective Engineering Solutions to Engineering Systems Pathogens
www.legionellae.org

Kilde: In the News – *Legionella* Risk Management, Inc (legionellae.org)

Figur 4-1 Eksempel på opstartsprocedure efter længevarende lukninger

4.3 IEA Guidelines dækkende lavtemperatur-fjernvarme og legionellaudfordringer

IEA (det Internationale Energi Agentur), der dækker en række lande i Europa, Nordamerika og Sydøstasien understøtter på forskellig vis en energieffektiv udvikling bl.a. inden for fjernvarme og varmepumper og med nedsættelse af faggrupper og udredningsprojekter relateret til områderne.

Det har bl.a. udmøntet sig i to guidebooks fra hhv. 2017 og 2020, hvor forskellige løsningsmuligheder såvel som legionella-udfordringer i fm. brugsvandsproduktion omhandles.

Future Low Temperature District Heating Design Guidebook fra 2017 [2017 IEA Guidebook] kommer ind på en række emner vedr. lavtemperaturanlæg for fjernvarme og inddragelse af lokale VE-energikilder, fx via varmepumper. Samtidig belyses de særlige legionella-udfordringer angående brugsvand.

I vejledningen gennemgås de aktuelle europæiske standarder og vejledninger (EN 806, EN 1717 og CEN/TR 16355, se afsnit 3.2&3.3 i nærværende rapport), hvoraf bl.a. udredes: "According to these guidelines it is suggested that the water temperature should not exceed more than 25 °C for domestic cold water (DCW) and should not be less than 60 °C for domestic hot water (DHW) 30 seconds after fully opening of a sampling point." og "In addition hot water systems should have the facility to increase the temperature of the system at any point to 70 °C for disinfections purposes."

Endvidere listes de involverede landes relevante krav vedr. *Legionella*, og hvor for de tyske – og med henvisning til DVGW W551:2-04 - anføres, at der skelnes mellem små og store anlæg, og hvor standarden ikke anfører specifikke temperaturkrav til de små.

Mht. *Legionella* generelt anføres, at der er risiko for vækst, når temperaturen er under 50 °C, hvilket illustreres med kurve over sammenhængen mellem *Legionella* vækst/henfald (kurve "A", jf del 1, afsnit 3), og i fortsættelse heraf gennemgås temperatur- og alternative vandbehandlinger (.....

"*Legionella* bacteria can be killed rapidly at high temperatures. Thermal disinfection through heat flushing is considered as a systematic method which requires the whole piping system to be treated at the same time. The temperature at the distal faucet should be elevated to no less than 60 °C."

Det anføres, at termisk desinfektion normalt er en effektiv korttidsbehandling med henblik på at komme af med *Legionella*, og der suppleres med en kort belysning af de vanlige kemiske, fysiske og andre metoder til supplerende vandbehandling.

I vejledningen "**Legionella and Heat Pump Water Heaters – HPT-Annex 46 – IEA-report**" fra 2020 [2020 IEA TCP-HPT] gennemgås en række landes krav med relation til *Legionella*, og det konkluderes, at der er ret store forskelle i deres opbygning og specifikke krav, hvilket gør det vanskeligt for producenterne at levere til forskellige lande og hæmmer udvikling.

Derudover er via granskning af en række rapport anført en række udfordringer mht. sikring mod *Legionella*, herunder at tidligere anvisninger om ved lave vandtemperaturer (under 50 °C) at opvarme systemet dagligt eller ugentligt til 60 – 70 °C. Der anføres to konkrete eksempler på at dette ikke har forhindret *Legionella*: 1) 6 bygninger, hvor 3 udviste *Legionella* på trods af ugentlig opvarmning af beholderen til 70 °C; 2) test fra enfamiliehuse, som viste at en periodisk og kortvarig forøgelse af temperaturen i vandbeholdere til 60 °C ikke forhindrede *Legionella*.

5 SAMLET VURDERING OG KONKLUSION FOR DEL 1 - 3

Delrapporterne 1 og 2 omhandlede det forskningsmæssige grundlag mht. de enkelte influensparametre med betydning for *Legionella* i brugsvandsinstallationer, mens nærværende del 3, afsnit 1- 4 har fokus på de erfaringer, som har kunnet udredes ud fra gældende myndighedskrav, standarder, ingeniørmæssige undersøgelser mv. om brugsvandsinstallationer i sammenhæng med energi- og klimaudfordringer. Efterfølgende er givet en samlet vurdering angående de praktiske og de forskningsmæssige input fra del 1 - 3, ligesom der i afsnit 5.7 er afsluttet med en konklusion angående legionellasikring af brugsvandsinstallationer og de benyttede begreber.

5.1 Store samfundsinteresser i legionellasikring ved lavest mulige temperaturer

Der har i Danmark siden energikriserne i 1970'erne været stor fokus på at effektivisere energiforbruget til opvarmning gennem anvendelse af de lavest mulige temperaturer, herunder ved produktion af varmt brugsvand og i fjernvarmesammenhæng. Senere er varmepumper kommet bl.a. som erstatning for de tidligere oliefyrede småanlæg, og dette har yderligere skærpet betydningen af at kunne anvende de lavest mulige temperaturer ved produktion af varmt brugsvand.

Med også udlandets interesse for at spare energi og reducere klimapåvirkning har det samtidig dannet grobund for eksport af de danske koncepter og lavtemperatur fjernvarme.

Legionellaproblematikken er via dens vækst ved temperaturer under 50 °C en hæmsko for denne udvikling, idet denne temperatur ligger over den nødvendige brugs- og komfortmæssige vandtemperatur på 45 °C. Dette afleder ekstra energiforbrug grundet varmetab.

Der savnes en egentlig analyse af meromkostningerne/besparelespotentialer, men af et tidligere offentliggjort skøn fremgår, at det ekstra energiforbrug grundet brugsvandstemperaturen og isolering i Danmark udgør samlet 20 PJ/årligt, ligesom der er anført afledte udgifter heraf på op imod 6 mia. kr. årligt.

Med øget interesse for fjernvarme og varmepumper baseret på vedvarende energi, hvor anvendelse af lavtemperatur er centralt, får denne udfordring stigende betydning i Danmark, såvel som i udlandet.

5.2 Temperatur- og biocidbehandling samt døde ender er centrale problemstillinger

Termisk sikring mod Legionella

Kontrol af brugsvandstemperaturen er, som det fremgår af del 1 og 3, meget central, når det gælder mulighederne for udvikling af *Legionella* i en brugsvandsinstallation. Der tegner sig følgende begreber og udfordringer angående temperaturbehandling af brugsvandet:

- Termisk vedligehold (temperatur-sikring): Temperaturen holdes for hele brugsvandsinstallationen frem til tapstederne altid over 50 °C, hvilket både resultaterne af del 1 og 3 peger på som et centralt pejlemærke med henblik på at sikre sig mod Legionella. I del 1 konkluderes således:
 - At brugsvandstemperaturer på konstant 50 °C og derover for hele systemet giver stor sandsynlighed for et system, der ligger inden for den anbefalede grænse på max 1000 CFU/L.

- At brugsvandstemperaturer på konstant 55 °C og derover for hele systemet giver stor sandsynlighed for et system uden legionellaproblemer.
- Termisk kompensering (temperatur kompensering): Ofte er det ikke praktisk eller økonomisk realistisk at opnå fuld overholdelse af temperaturkravet på 50 °C. Dvs. at temperaturen i perioder ligger lavere, hvilket giver mulighed for udvikling af *Legionella*, herunder i sammenhæng med dannelse af biofilm. Med udgangspunkt i at *Legionella* nedbrydes ved højere temperaturer har man derfor traditionelt arbejdet med at øge/kompensere temperaturen i andre perioder og som modvægt til perioderne med for lav temperatur.
Det er her dog en stor udfordring, at tidligere anvendte sammenhænge mellem nedbrud af *Legionella* ved en given temperatur og tidsforbrug ikke tager højde for biofilmens betydning, hvilket fremgår både af tests anført i del 1 og de eksempelvis tyske skærper anført i del 3, afsnit 3.5. Det fremgår dog, at der med afsæt i bl.a. arbejdet ved Ghent University og deres inddragelse af spanske testresultater synes at være etableret vist grundlag for at kunne fastlægge skærpede temperatur- og tidsforløb, som tager hensyn til *Legionella's* indkapsling i biofilm og amøber, jf. del 1, afsnit 3.4 inkl. figur 3-9 og 3-10.
- Termisk desinfektion (temperatur desinfektion): Består i over et vist tidsrum at gennemskylle hele brugsvandsinstallationen, dvs. med åbne tapsteder, med en passende høj kombination af temperatur og aktiveringstid, så både *Legionella* og biofilm nedbrydes. Hvor man hidtil har set 65 – 70 °C som en tilstrækkelig temperatur for at opnå dette, peger nyere undersøgelser på at temperaturen skal øges til over 70°C - og dermed med større udfordringer både i fht. kalkdannelse og skoldning. I nogle opereres yderligere med tilfælde skelnes yderligere mellem ovennævnte termiske desinfektion, som også kan være en del af en forebyggende temperaturgymnastik, og ”Chok desinfektion”, der gennemføres over meget kort tid, typisk nogle få timer og ned til minutter og fra 70 °C og helt op til 80 °C, se fx [2017 ETG-ESGLI].
- Temperatur-gymnastik: Dette begreb ses hyppigt anvendt, hvor man i driften kombinerer en løbende termisk kompensering med en periodevis termisk desinfektion på 60 – 65 °C. De hidtidige løsninger er med baggrund i de ovennævnte forhold angående *Legionella* i kombination med biofilm dog kraftigt udfordrede, jf. kommentarerne anført ved de ovennævnte definitioner. Dvs. der skal ved kompenseringsdelen tages højde for *Legionella* i biofilm, samtidig med at temperaturerne ved desinfektion skal være højere.

Biocid som supplerings og alternativ til temperaturbehandling

Biocid anføres i såvel mere fundamentalt baserede tilgange, jf. del 1, som i forskrifter og ingeniøranvisninger, jf. del 3, ofte som alternativ til legionellasikring ved temperatur. Som ved temperatur skelnes mellem:

- Biocid kompensering: Består i at man ved lavere brugsvandstemperaturer end 50 °C gennem løbende biociddosering forhindrer dannelse af *Legionella* og biofilm.
- Biocid desinfektion, hvor man udnytter biocidens evne til at dræbe og fjerne såvel *Legionella* som biofilm gennem en gennemskylning af hele brugsvandsinstallationen, dvs. frem til alle tapsteder.

De forskellige behandlinger er illustreret i figur 5-1, mens tabel 5-1 groft sammenfatter nogle karakteristika for metoderne.

I afsnit 5.3 er de forskellige problemstillinger angående temperaturbehandling uddybet med reference til andre landes krav og myndighedskrav, samt med inddragelse af de udredte forskningsresultater, mens afsnit 5.5 tilsvarende sammenfatter ang. anvendelse af biocid, og hvor samtidig biocidens mulige miljømæssige påvirkning er væsentlige at tage højde for.

Grundmetode:

Termisk kompensering ved periodevis for lave temperaturer, dvs. under 50 °C
Termisk vedligehold dvs. brugsvandstemperaturen altid over 50 °C
Temperatur desinfektion for fjernelse af <i>Legionella</i> og biofilm dvs. ved temperaturer over 60 – 70 °C og med alle tapsteder åbne
Biocid-kompensering for lave driftstemperaturer, dvs. under 50 °C
Biocid-desinfektion for fjernelse af <i>Legionella</i> og biofilm og med alle tapsteder åbne

Sammensat metode:

Temperaturgymnastik med temperaturkompensering og løbende, supplerende desinfektion, men med lukkede tapsteder

Figur 5-1 Termisk- og/eller biocid-behandling af brugsvandet.

Karakteristika	Behandlingsmetode vedr. sikring mod <i>Legionella</i>					
	Termisk kompensering	Temperaturgymnastik	Termisk vedligehold	Termiskdesinfektion	Biocid kompensering	Biocid desinfektion
Legionellasikring via.....	Varme, evt. elstave	Varme, evt. elstave	Varme, evt. elstave	Varme, evt. elstave	El og kemi	El og Kemi
Temperatur, typisk..... °C , spids..... °C	45 – 60	45 – 60 (65 - 70)	> 50	(65 – 70)	45 - 50 *	45 - 50*
Kontrol, indirekte fejlkonstatering ved måling af	Temperatur	Temperatur	Temperatur	Temperatur	Klorindhold	Klorindhold

* Temperaturkrav iht. Bygningsreglement min. 50 °C

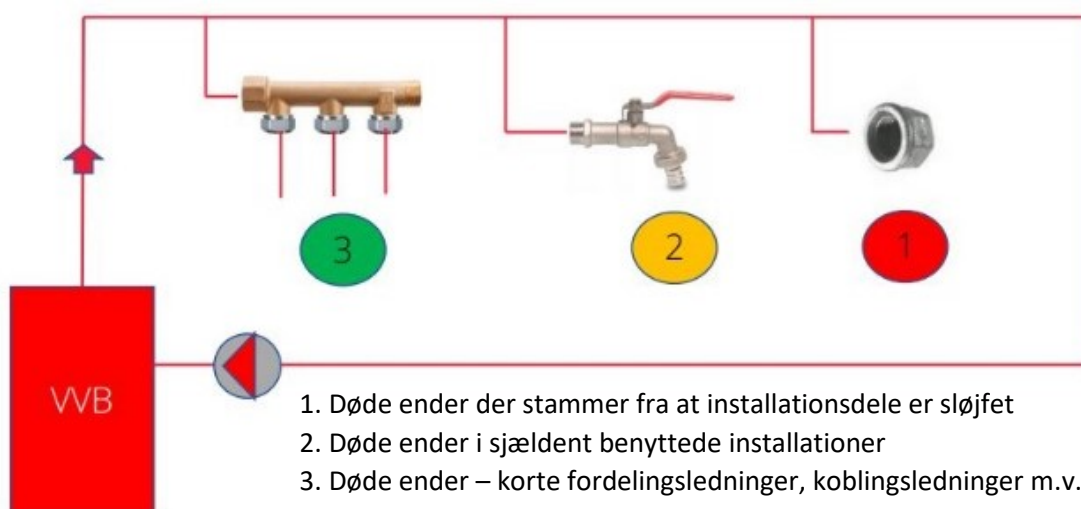
Tabel 5-1 Karakteristika for termisk og biocid behandling af brugsvand.

Strømningsforholdene med vandudskiftning, -flow og -hastighed samt døde ender

Strømningsforholdene spiller som anført i del 1, afsnit 4 også centralt ind for udvikling af *Legionella* og biofilm. Det er dog yderst begrænset, konkret viden, der findes, om hvilken præcis betydning det har, men via bl.a. standarder og anvisninger fra del 3 kan udredes visse retningslinjer for hensyntagen hertil.

Mange kilder understreger således kraftigt betydningen af at kunne dokumentere, at temperatur- eller biocidbehandling kommer helt ud til det yderste tapsted. Derfor er der samtidig megen opmærksomhed på tilstedeværelsen af de såkaldte "døde ender", dvs. rør-ender eller afsnit af installationen, hvor vandet i kortere eller længere tidsrum står helt stille, og hvor *Legionella* og biofilm uforstyrret kan udvikle sig.

I fortsættelse af angivelserne i del 1, afsnit 4 tegner der sig umiddelbart tre hovedtyper af døde ender, som illustreret i figur 5-2.



Figur 5-2 Eksempler på typiske "døde ender".

Med udgangspunkt i afsnit 2, men suppleret med anvisninger fra andre landes vejledninger mv., er i tabel 5-2 sammenfattet relevante krav og anvisninger for hver af de tre typer.

Type af døde ender	Krav i lovgivning - vejledning	Andre forhold
1. Døde ender der stammer fra at installationsdele er sløjfet	Døde ender skal fjernes i forbindelse med at brugen af installationen ophører	Længden på afgrening (død ende) må være max 1 – 1,5 x rørets diameter.
2. Døde ender i sjældent benyttede installationer	Døde ender skal tømmes hvis de står ubenyttede hen gennem længere til (1/2 – 1 år). (Dette er typisk koldt vand). Lokal opvarmning bør overvejes ved sjældent brug og lange ledninger	Hvis ledningerne af driftsmæssige årsager vedvarende er ubenyttede igennem et længere tidsrum bør de gennemskylles 1 gang ugentligt. Dette kan eventuelt etableres automatisk.
3. Døde ender – koblingsledninger m.v.	Centralt placerede fordelingsrør med koblingsledninger i handelsdimension $\varnothing 15$ på under 15 meter anses normalt for ikke at medføre en besværende ventetid. Vandbesparende taparmaturer vil medføre længere ventetid. For andre typer af tapninger vil det være nødvendigt at foretage en vurdering af den enkelte installation.	Koblingsledninger kan generelt henledes til døde ender, men der vil under normal drift være gennemstrømning gennem dem flere gange dagligt. Hvis ledningerne af driftsmæssige årsager vedvarende er ubenyttede igennem et længere tidsrum bør de gennemskylles 1 gang ugentligt. Dette kan eventuelt etableres automatisk.

Tabel 5-2 Krav, vejledning og andre forhold angående de forskellige typer døde ender.

5.3 De danske temperaturkrav er udfordrede – især i praksis

Sammenligning af krav og anvisninger vedr. max. legionellaindhold i brugsvandsinstallationer

Som det fremgår af bl.a. afsnit 2.4, 3.3 og 4.1, er der generelt og på myndighedsniveau nogen forskelligartethed mht., både hvornår en brugsvandsinstallation er kritisk angående legionellaindhold, og hvad man skal gøre for at undgå og fjerne *Legionella* i brugsvandsinstallationer.

I artiklen *Overview and comparison of Legionella regulations worldwide* fra 2018 [2018 Kenhove], der er udarbejdet af en forskningsgruppe ved Ghent University, fremgår resultaterne af en undersøgelse med fokus på legionella-regler og -kontrol over hele verden. Den konkluderer samtidig behovet for mere samlede internationale retningslinjer, standarder og forskrifter, men uden at miste vigtige landespecifikke nuancer

Samtidig er det i nogle lande et krav, mens det i andre - som fx Danmark - er en anbefaling. Disse forskelligheder gør det vanskeligt ved produktløsninger, som sælges og anvendes på tværs af landegrænserne. Det må dog forventes, at implementeringen af EU's nye drikkevandsdirektiv vil bringe det i en mere ensartet retning.

Der er i det videre arbejde valgt at benytte de forslag til Legionella reaktionsgrænser (CFU/liter) for handling, som er udviklet og anbefalet gennem *European Technical Guidelines for Legionella* [2017 ETG-ESGLI], jf. afsnit 3.3. Forslag som efterfølgende er adopteret af Statens Serum Institut bl.a. via tabel 2-3 og ifm. vedlagte tabel 5-3, der er gengivet fra Rørcenteranvisning nr. 17.

Legionella bakterier (cfu/liter) ♦	Handling påkrævet
Ikke påvist til 100	Acceptabelt
100 til 1.000	Lavt niveau. Hvis niveauet er målt i B prøver# bør man kontrollere at systemet opfylder kravene til flow, temperaturer, biocid niveau eller anden kontrolforanstaltning.
1.000 til 10.000	(i) Hvis en mindre del af prøverne (10–20%) er positive, bør der tages opfølgende prøver. Hvis lignende niveau genfindes, skal der iværksættes en gennemgang af kontrolforanstaltningerne og en risikovurdering bør udføres med henblik på at identificere afhjælpende foranstaltninger. (ii) Hvis de fleste prøver er positive, er systemet muligvis koloniseret med <i>Legionella</i> . Desinfektion af systemet bør overvejes. Der skal iværksættes en øjeblikkelig gennemgang af kontrolforanstaltningerne og en risikovurdering bør udføres med henblik på at identificere afhjælpende foranstaltninger.
Mere end 10.000	Der skal udføres en øjeblikkelig gennemgang af kontrolforanstaltningerne og en risikovurdering bør udføres med henblik på at identificere afhjælpende foranstaltninger herunder om desinfektion af hele systemet er nødvendigt. Det skal overvejes om systemet skal lukkes indtil legionellaniveauet er under kontrol. Der skal tages opfølgende prøver.

B prøver er prøver hvor vandet har løbet til temperaturen er konstant, tages efter 60 sek.

Kilde: Figur 7.2 i [2019 Rørcenter-anvisning 017] og Table 6 i [2017 ETG-ESGLI]

Tabel 5-3 Anbefalinger vedr. max. grænseværdier for *Legionella*.

Det skal endvidere anføres, at der ikke er fundet nogen dokumentation angående en præcis sammenhæng mellem anbefalingerne for de maximale grænseværdier for *Legionella* og temperaturgrænseværdierne, som er vist efterfølgende.

Danske krav til vandtemperaturen er acceptable ift. udlandet men i den lave ende

Forskellene i landenes krav og vejledninger gælder i høj grad også de krævede/anbefalede temperaturer for at undgå *Legionella*. Af tabel 5-4, der ligeledes baserer sig på artiklen *Overview and comparison of Legionella regulations worldwide*, fremgår eksempelvis, at Frankrig tillader lavere temperaturer i vandvarmeren end WHO anbefaler, samt at USA tillader lavere max. temperatur for tapstedet; det sidste dog tilsyneladende også afledt lidt de forskellige temperaturskalaer og deres afrunding af tallene. Danmark er ikke nævnt i undersøgelsen

Comparison of temperature regulations by different authorities⁵⁸

	Water heater	Return loop	Point of use
WHO	>60°C	>55°C	≥50°C (after 1 minute)
EWGLI	≥60°C (1 hour a d/wk)	≥55°C	≥55°C (70°C should be possible)
UK	≥60°C	≥50°C/loop	≥55°C (health care)
France	>55°C (recommendation ≥60°C)	>50°C	≥50°C
USA	≥60°C	≥51°C	≥43.3°C to 49°C (health care)
Asia	≥60°C	Not included in regulations	≥50°C/≤43°C (health care)

EWGLI, European Working Group for *Legionella* Infections; UK: United Kingdom; USA, United States of America; WHO, World Health Organization.

Kilde: Table 4 i [2018 Kenhove].

Tabel 5-4 Sammenligning af temperatur-grænseværdier for udvalgte lande

EUDP-Legionellasikring – Delrapport3: Myndighedskrav og undersøgelser

I en sammenligning gennemført ifm. en IEA-rapport vedr. varmepumpekrav i forskellige lande, fremgår som anført i tabel 5-5 andre krav og forskelle.

Country	Cold water T	Min. system T	Min. tank T	Min. tap T	Max. tap T
Sweden		50 °C	60 °C	50 °C	60 °C/ 38 °C*
Denmark		55 °C (45 °C)	55 °C (up to 60)	> 50 °C	
Finland	<20 °C		60 - 65 °C	55 °C	65 °C
Germany		50 °C	60 °C	> 45 °C	
France		50 °C, unless V < 3 liters	55 °C		
Netherlands	≤ 25 °C	60 °C	60 °C (55°C*)	60 °C (55°C*)	65 °C
United Kingdom	<20 °C		60 °C	> 50 °C	
Switzerland	≤ 25 °C	55 °C	60 (≥ 55 °C)	55 °C	65 °C
Spain	<20 °C		55 °C	55 °C	
Belgium	<25 °C		60 °C	55 °C	
Italy			60 °C	45 - 48 °C	

* In Netherlands higher temperatures are required for collective circulation systems than for individual systems

Kilde: Table 3.2 i [2020 IEA].

Tabel 5-5 Sammenligning af temperatur-grænseværdier for udvalgte, europæiske lande [2020 IEA].

De danske krav til det varme brugsvand, jf. afsnit 2.2 og 3.3, dvs. minimum 50 °C ved det yderste tæppede (dog kun 45 °C under spidsbelastninger) og i cirkulationsstrengen, samt mulighed for at kunne hæve temperaturen i brugsvandsfremstilleren til minimum 60 °C ved behov, ligger sammenligningsmæssigt i den lave ende, men også som i del 1 vurderet acceptable.

Mht. IEA-sammenligningen tager de danske data afsæt i den nugældende standard DS 439:2009 [2009 DS 439], hvoraf det fremgår:

- *Anlægget skal med hensyn til udformning og funktion udføres, så risikoen for bakterievækst bliver mindst mulig.*
- *Af hensyn til risikoen for bakterievækst bør vandet i vandvarmere kunne opvarmes til mindst 60 °C.*
- *Vandinstallationen bør endvidere udformes, så temperaturen på det fremførte vand i alle dele af vandinstallationen ved normal brug ikke falder til under 50 °C og 45 °C ved spidsbelastning.*

Vedrørende de 55 °C stammer de fra nødvendigheden af at kunne opvarme vandet, hvilket i samme reference er beskrevet under:

- *2.5.2.1 Varmtvandsanlæg i boligbyggeri Anlæg til varmtvandsproduktion i boligbyggeri dimensioneres på grundlag af forbruget og med hensyntagen til bygningens brug, der kendetegnes dels ved tidspunktet for de enkelte tapningers begyndelse i tappeprogrammet, dels ved den frekvens hvormed tapningerne kan gentages. Som dimensionerende temperaturer for vandvarmere i boligbyggeri kan vælges en tilgangstemperatur (koldt vand) på 10 °C og en afgangstemperatur (varmt vand) på 55 °C.*

Praksis er i særlig grad udfordret pga. misforståelser og manglende opmærksomhed

Som det fremgår af afsnit 2.7 og 2.8 er der særlige udfordringer i, at de forholdsvis lave danske temperaturkrav til *Legionella* yderligere svækkes i praksis.

Det gælder den praksis, som der synes at være blandt nogle installatører om at tillade lavere temperaturer der er udfordrende. Der gælder også, når varmepumper leveres med for lave grundindstillinger af brugsvandstemperaturen. Begrundelsen om at man i Tyskland stiller mindre krav ved små anlæg er på ingen måde korrekt, og gennemførte undersøgelser i flere lande peger mod dette.

Kompensering for lave brugsvandstemperaturer samt hensyntagen til kalk og skoldning

De fleste anlæg kan blive udsat for lavere driftstemperaturer end de krævede, fx pga. ikke cirkulerede brugsvand, ferie og stop fx i fm. Covid-19 nedlukning. Samtidig er der aht. energiforbrug og klimaforhold stor opmærksomhed på at kunne finde løsninger, som kan reducere temperaturkravene:

- Der er desværre ikke fundet noget belæg via myndighedskrav og anvisninger, jf. afsnit 2.5, 3.5 og 3.6, for at anvende de temperaturmæssige lempelser for små brugsvandsanlæg, som nogle har fremført og i dag stadig bruger ved såvel nyanlæg som drift af eksisterende anlæg.
- Der er via flere anvisninger direkte eller indirekte givet forslag til kompensering af for lave temperaturer med periodisk højere temperaturer suppleret med forebyggende, desinficerende tiltag – den såkaldte ”temperaturgymnastik”, se afsnit 5.2. Også i Danmark er temperaturgymnastik hyppigt blevet anvendt som en løsning på for lave temperaturer, dvs. periodevis under 50 °C. Der er dog generelt ikke dokumenteret en effekt og samtidig er der ikke taget højde for de særlige udfordringer vedr. *Legionella* i biofilm, se del 1, afsnit 3.

Mht. desinfektion i tilfælde af konstateret *Legionella* foreskrives i Danmark - grundet risikoen for tilkalkning af rørene og faren for skoldning - lavere temperaturer (jf. afsnit 2.3 ”over 60 °C men helst 65 °C”) end de anbefalinger på over 70 °C, der fremgår globalt, og som indgår i flere landes anbefalinger inkl. er anvist hos WHO og i en IEA-rapport.

De danske og udenlandske krav og anvisninger for de enkelte komponenter

For installationens forskellige komponenter skal med udgangspunkt i afsnit 2 anføres:

- Anlæg til varmtvandsproduktion i boligbyggeri (beholdere og vekslere) dimensioneres på grundlag af forbruget og med hensyntagen til bygningens brug, der kendetegnes dels ved tidspunktet for de enkelte tapningers begyndelse i tappeprogrammet, dels ved den frekvens hvormed tapningerne kan gentages. Som dimensionerende temperaturer for vandvarmere i boligbyggeri kan vælges en tilgangstemperatur (koldt vand) på 10 °C og en afgangstemperatur (varmt vand) på 55 °C.
 - Af hensyn til risikoen for bakterievækst bør vandet i vandvarmere kunne opvarmes til mindst 60 °C. Vandinstallationen bør endvidere udformes, så temperaturen på det fremførte vand i alle dele af vandinstallationen ved normal brug ikke falder til under 50 °C og 45 °C ved spidsbelastning.
 - I en række udenlandske standarder og regelsæt må beholdertemperaturen eller afgangstemperaturen fra en veksler til varmt brugsvand ikke komme under 60 °C, og temperaturen i cirkulationskredsen ikke komme under 55°C.
- Cirkulationsledning: Der stilles i de fleste tilfælde tilsvarende krav som de danske, dvs. min. 50 °C overalt i systemet, fx CEN/TR 16.355 tabel 2, se afsnit 3.3, anfører mindst 50 °C i hele cirkulationskredsen. I tyske regler gælder det at temperaturen ikke må komme under 55 °C i cirkulationskredsen.

Cirkulationsledninger skal dimensioneres og isoleres, så det sikres at temperaturfaldet ikke bliver større end at temperaturen overalt i systemet er over 50 °C. Dette vil normalt betydet at Δt i den samlede cirkulationskreds ikke overstiger 5 °C.

- Koblingsledninger: Der synes at være en generel – og tilsyneladende bred erfaring og enighed om, at koblings-ledninger er sikre, såfremt de er uisolerede ift. de vanlige omgivelser (20 °C) (fx ikke opvarmede skakte), men uden at der har kunne findes egentlig dokumentation for det.

I de fleste tilfælde forudsættes samtidig et max. vandvolumen på op til 2,5 L i koblings-ledningen, men andre anfører 3 L. Dette er ved vanlige rørdimensioner ikke problematisk, da ventetiden på det varme vand vil blive for lang ved en større vandmængde i ledningen.

Der skal derudover references til: DS 452:2013 Termisk isolering af tekniske installationer. I denne er angivet, at koblingsledninger i samme rum som tapstedet ikke skal isoleres. Den øvrige del skal isoleres efter isoleringsklasse 4 der svarer til ca. 20 mm for et 15 mm rør.

I den europæiske DS/CEN/TR 16355 er der angivet at koblingsledninger skal isoleres med min 10 mm for at beskytte mediet mod termisk udveksling. Endelig skal nævnes, at der synes arbejdet en del med problematikken på universitetet i Gent, men tilsyneladende uden entydig konklusion.

5.4 Biocid som alternativ ved desinfektion og som evt. basis ved lave temperaturer

De fleste myndighedsvejledninger m.fl. inkl. de danske, jf. afsnit 2.3 og 3.3, anfører biocid som et af desinfektionsalternativerne til forøget temperatur (over 60 – 70 °C) ved bekæmpelse af *Legionella*. Fordelen er bl.a. at der ikke er tilkalknings- og skoldningsmæssige farer, men naturligvis skal biocid samtidig håndteres under hensyntagen til det mulige miljømæssige effekter.

Der er som anført i afsnit 2.9 – og sammenfattet i afsnit 5.1 - et betydeligt omkostnings- og klimamæssigt potentiale såfremt kravene til brugsvandstemperaturen kan reduceres ifm. sikring mod *Legionella*. Biocid kan tilsvarende indgå i fm. en forebyggende kompensering af for lave driftstemperaturer, hvilket er anført i flere kilder behandlet i del 1 og del 3, men uden at der i nuværende myndighedsforskrifter har kunnet findes en eksplicit præcisering af metodens anvendelse. Bl.a. [2017 ETG ved ESGLI] giver dog en grundig indføring i problematikker og forslag til dokumentationskrav. Mulighederne for længerevarende perioder med lave temperaturer og dermed et øget potentiale for legionelladannelse, betyder dog, at det påpeges ekstra vigtigt at dokumentere robusthed og sikkerhed og med stor fokus på alle installationsmæssige risici, herunder at der er tilstrækkelige biociddosering helt ud til det yderste tapsted.

Hypoklorsyre er som belyst i del 1, afsnit 5.2 et forholdsvist lovende biocid grundet bl.a. dets umiddelbart svage miljøpåvirkning, ligesom der gennem test er dokumenteret konkrete løsninger. Også de i del 3, afsnit 2.8 anførte erfaringerne fra et større boligselskab viser muligheder i løsningen som et alternativ til termisk behandling, jf. afsnit 2.4.

Sammenfattende må konstateres, at der i den danske myndighedsbehandling savnes præcisering af dokumentationsmetoder og krav til inddragelse alternative løsninger i fht. termisk behandling. Dette er i sig selv hæmmende for udvikling af optimal legionellasikre løsninger under samtidig hensyntagen til energiforbrug, klima og miljø.

5.5 Produktløsninger med indbygget overvågning bedre end store kontrolsystemer

Udfordrende basis for simulering og dokumentation af produktløsninger

For temperaturbehandling bevirker resultaterne, at kravene til de temperaturer, som er nødvendige for sikring mod *Legionella* i vand og biofilm må skærpes ift. tidligere, men samtidig på et stadigt ikke præcist fastlagt grundlag. Der pågår bl.a. ved Ghent Universitet med henblik på udvikling af en simuleringsmodel, som evt. på sigt kan medvirke til mere præcise løsninger, men for nærværende er den ikke færdigudviklet og kommercielt tilgængelig.

For biocidbehandling baseret på hypoklorsyre (del 6) styrker udredningsresultaterne mulighederne for en energi- og CO₂-omkostningsvenlig løsning, dvs. baseret på lavere temperaturer. Samtidig understreger det behovet for i lovgivningen at åbne op for fastlæggelse af krav til sådanne løsninger og deres samlede dokumentation, herunder vedr. evt. afledte, uheldige effekter mht. korrosion.

Produkter som sikrer dokumentation af opfyldelse bedre end slutkontrol

Projektgruppen har fra arbejdet med delrapport konstateret, at megen fokus hos myndigheder og andre går mod at opstille og gennemføre omfattende kontrol og testaktiviteter på anlæggenes drift og med fare for ret bureaukratiske systemer. Variationen i de forskellige landes krav og vejledninger angående *Legionella* understøtter samtidig den usikkerhed i datagrundlag for influensparametrene, som er belyst i delrapport 1 og 2.

Ved projektering og optimering af produktløsninger med henblik på at opnå et lavt energiforbrug, samtidig med opnåelse af en passende sikring mod *Legionella*, er det vigtigt med et velafklaret datagrundlag. Samtidig er det væsentligt, at konsekvenserne af forskellige legionellamæssige sammenhænge kan simuleres, så der i brugsvandsinstallationen kan tages højde for flere forskellige driftssituationer. Der er via udredningen konstateret, at der på universitetet i Gent har været arbejdet meget med sådanne løsninger, og at et videre afklarende og udviklende arbejde med dette værktøj vil kunne være nyttigt ved fremtidige produkt- og installationsløsninger.

Teknologibehov for bedre måling og for øget samspil mellem installationen og tapstederne

Det er en væsentlig udfordring for sikring mod *Legionella*, at der som anført i del 1, afsnit 2.3 ikke trods EU-tiltag findes egentlige on site/in line målemetoder for *Legionella* – og udviklingen synes gået noget i stå, da det således ikke er muligt kontinuerligt at følge installation og tage action ved legionellaforekomst.

Grundet vanskelighederne med gennem temperatur- eller alternative behandlinger at nå helt ud til tapstederne - og grundet opfattelsen af, at det bliver vanskeligt at få brugere til regelmæssigt at gennemføre åbninger af tapstederne i fm. desinfektionsaktiviteter, må der i fremtiden forventes et mere aktivt samspil mellem brugsvandsinstallationens styring og de enkelte tapsteder virke.

Også brugsvandssystemer med forholdsvis lokal opvarmning – eksempelvis helt ud til tapstedet (point-of-use) må formodes at brede sig, da det giver åbenlyse fordele legionellamæssigt set. Samtidig giver det også mindre energiforbrug, men er vanskeligere at udnytte ifm. fjernvarme og varmepumper.

5.6 Basis for risikovurderinger og det videre arbejde

EU drikkevandsdirektiv har stor fokus på risikovurdering og sikring mod *Legionella*

Med en både i Danmark og global stigning i legionellaincidens er der kommet øget opmærksomhed på at bekæmpe *Legionella*, og i flere lande med megen fokus på store kontrol- og testplaner bl.a. inspireret af forskellige WHO-vejledninger. I det nye EU drikkevandsdirektiv er der i artikel 10 specifikt kommet krav om risikovurdering og sikring mod *Legionella*, krav der senest i 2025 forventes udmøntet i de enkelte lande.

I Danmark er der mere tradition for at funktionen skal dokumenteres via krav til anlæggene – og med stigende digitaliseringer er der yderligere kommet øget fokus på at sikre funktionen gennem supplerende målinger, styringer og alarmer. Dette lægger risikovurderingerne ud til leverandører og bygherrer samt forudsætter, at der ved risikovurderingerne haves et godt statistisk datagrundlag at dokumentere ud fra, hvilket er kommenteret i del 1 og 2.

Det optimale snit mellem *Legionella* og energi/klima er vanskeligt at finde

Det er naturligvis en samfundsmæssig opgave at fastlægge, hvor snittet mellem *Legionella* og energi/klima skal lægges, men da konsekvenserne er betydelige (flere syge og døde af *Legionella* contra større energiforbrug og klimabelastninger) er det væsentligt, at grundlaget for beslutninger er så godt som muligt.

Udfordringen er et forholdsvis svagt statistisk grundlag og behov for praksis relevans

Udvikling af et så præcist datagrundlag som muligt for influensparametrene ved en risikovurdering af brugsvandsinstallationer for *Legionella* har været et centralt sigte i arbejdet med del 1 – 3. Det har dog vist sig, at der ikke er tilstrækkelig basis for en egentlig statistisk håndtering af influensparametrene, da det nødvendige dokumentationsmæssige grundlag ikke er tilstede. Arbejdet med at finde en simplificeret løsningsmodel for risikovurdering med afsæt i dette er belyst i del 4, ligesom de særlige udfordringer vedr. energiforbrug samt klima- og miljøpåvirkninger er belyst i denne del.

Afsluttende skal anføres, at der i gennemgangen af dokumentationen i del 3 ikke er fundet yderligere input i relation til den i del 2 påpegede faktor 5 mht. de geografiske afvigelser.

5.7 Konklusioner og begreber vedr. legionellasikring af brugsvandsinstallationer

Legionella og varmtvandssystemer

Legionella er en naturlig del af bakteriefloraen i de fleste vandssystemer, herudover findes *Legionella* i alle andre fugtige miljøer som jord, slam, spildevand, kompost mv. Målet for forebyggelse og kontrol er ikke at holde miljøet fri for *Legionella*, da det oftest ikke er muligt, men at holde koncentrationen nede på et niveau, så der ikke opnås en koncentration, der kan give årsag til sygdom (legionellose/legionærsygdom). *Legionella* smitter oftest ved indånding af små luftbårne partikler (aerosoler) der udgår fra kilden.

Der kan ikke gives en nøjagtig angivelse for hvilke niveauer der er sygdomsfremkaldende, det afhænger dels af graden af aerosoldannelsen, koncentrationen af *Legionella* i aerosolen, hvor små partiklerne er, hvor længe man udsættes for partiklerne, den eksponeredes sundhedstilstand og alder, herudover og ikke mindst af, hvor smitsom den *L. pneumophila* "type" der er i kilden er. Andre legionellaarter anses ikke som særligt smitsomme, men høje niveauer kan forårsage smitte. Almindeligvis betragter man et niveau i kilden på < 1000 cfu/l som uproblematisk mens der ved > 10.000 cfu/l er en risiko for smitte. Målingen foretages oftest indirekte ved måling af niveauet i kilden og ikke i selve aerosolen. Der er adskillige usikkerhedsfaktorer ved dette, herunder at målinger i kilden er et øjebliksbillede som er meget afhængig af hvor prøven udtages, hvornår prøven udtages, prøvetagningsmetoden og den naturlige fluktuation der er i niveauet mv. Desuden sker væksten af *Legionella* i en etableret biofilm, mens det man måler ved at tage vandprøver, er den del der befinder sig i vandfasen på det tidspunkt prøven tages. Koncentrationen i biofilmen vil oftest være meget højere end i vandfasen, og biofilmen kan derfor have et potentiale for afgivelse af bakterierne, som ikke nødvendigvis bliver målt ved at undersøge en vandprøve.

Vækst af *L. pneumophila* til en problematisk koncentration i et varmtvandssystem skyldes ALENE, at der er forhold i systemet som ikke er i compliance med nedenstående.

Temperaturen som det centrale element for legionellakontrol

Temperaturforholdene i brugsvandssystemet er en helt central faktor for forebyggelse og kontrol. Der findes ingen internationale retningslinjer, hvor temperaturforhold ikke angives at være centrale, uanset om der behandles med biocid eller ikke.

Ud fra viden om vækst af *Legionella pneumophila* er det afgørende at det varme vand er mindst 50 °C i hele varmtvandssystemet - i returvand og vand tappet ved alle tapsteder, herunder det fjerneste. For koblingsledninger er det vigtigt, at de varmes op og tømmes, selv ved små aftapninger. Dette opnås typisk via kravet om at vandtemperaturen på 50 °C skal opnås uden "besværende" ventetid, hvilket i praksis er i løbet af højst 30 sek. For koldt vand gælder at temperaturen højst bør være 20 °C og kun undtagelsesvis komme op på 25 °C.

Herudover skal det sikres:

- at systemet er korrekt dimensioneret, fx at varmtvandsbeholders størrelse og at længde og diameter for varmt- og koldtvarmrør ikke forårsager for lange opholdstider.
- at systemet er korrekt indreguleret ved at sikre, at cirkulationsventiler tillader de ønskede temperaturer i stigstrengene og alle returstrengene.

- at der ikke er døde ender (rørstrækninger uden cirkulation og forbrug) i systemet, eller at der er tapsteder, hvor der ikke er regelmæssigt forbrug. Døde ender og tapsteder uden forbrug skal fjernes.
- at tapstederne er i regelmæssigt brug, som sikrer gennemskylning mindst én gang ugentligt
- at varme og kolde rør isoleres for at mindske varmetab hhv. varmepåvirkning. Herudover at rørføringen er hensigtsmæssig for at undgå kulde hhv. varmepåvirkning.
- at varmtvandsbeholdere regelmæssigt udslammes og rengøres.

Varmt og koldt vand bør blandes så tæt på tapstedet som muligt, dvs. at blandetanke og blandesløjfer (specielt aktuelt i brusebadsanlæg, svømmehaller, hoteller, vandlande mv.) bør undgås. Endvidere skal anføres, at varmtvandsbeholdere i serie ofte er uhensigtsmæssige mht. legionellasikring.

Temperaturbehandling ifm. særlige forhold og risikogrupper

Anlæg kan være så komplekse, fx hoteller, hospitaler eller plejehjem, at man ikke kan undgå tapsteder, der ikke regelmæssigt benyttes og gennemskylles, og hvor der desuden findes sårbare personer. Det er her vigtigt, at tapstederne – og ikke mindst brusere - regelmæssigt skylles gennem med varmt vand ved mindst 50 °C, og mindst en gang om ugen gerne i flere minutter.

Kompensering gennem lokal temperaturforøgelse eller anvendelse af biocid

Ovenstående kan være kompromitterede af den ene eller anden grund. Det kan fx være, at man ikke har høj nok fjernvarmetemperatur til at opnå tilstrækkelig høj temperatur i varmtvandsfremstilleren, til at hele systemet er dækket ind med temperaturer på mindst 50 °C, men det bør så kompenseres med lokal installation af en elpatron eller anvendelse af en biocidløsning. Desuden vil der for de fleste systemer være henstand af vand i perioder, hvor temperaturerne kan falde hhv. stige og give temperaturer, hvor *Legionella* kan gro. Her kan der så anvendes forskellige former for kompensering. Det kan fx være ved periodevis hævnning af temperaturen (temperaturgymnastik) eller tilsætning af biocid.

Temperaturgymnastik har dog ofte ingen væsentlig indflydelse på legionellaniveauet ved tapstederne, da kun den centrale del af systemet (varmtvandsfremstilleren og cirkulationen - hvis der er sådan én) behandles. For en effektiv kompensering ved lav temperatur, skal alle tapsteder regelmæssigt behandles ved temperaturer på 60 °C eller højere, hvilket kan være en kompliceret og energikrævende procedure. Regelmæssig behandling af tapsteder med høj temperatur kan antageligt udføres, hvis der installeres et automatisk flushprogram. Temperaturgymnastik kan derfor være en ekstra sikring for et ellers veldrevet system, men kan også blot medføre et øget energiforbrug uden ekstra effekt. Herudover kan programmer med vekslende temperaturniveauer forårsage fremkomst af temperaturtolerante bakterier.

Lignende gælder kompensering med biocid. Her kræves det også, at alle tapsteder regelmæssigt skylles igennem, og at man sikrer sig, at biocidniveauet opnår den ønskede koncentration helt frem til tapstedet, og i alle dele af systemet.

Desinfektion ved temperatur eller anvendelse af biocid

Er der påvisning af forhøjet niveau af *L. pneumophila* (eller anden legionellaart) i et vandsystem (evt. i forbindelse med en smitteudredning), skal der foretages en "desinfektion", dvs. at niveauet bringes ned til under 1.000 CFU/L og helst til et niveau hvor dyrkbare *Legionella* ikke kan påvises i en liter vand (iht. ISO 11731:2017). En desinfektion bør udføres som en øjeblikkelig afhjælpende foranstaltning, efterfulgt af optimering og renovering af anlægget. En effektiv desinfektion kræver, at man forinden sikrer sig, at der er gennemstrømning i hele systemet, for at temperatur eller biocid når helt ud til alle tapsteder og i returløbet. En desinfektion vil, hvis anlægget ikke efterfølgende kører effektivt mht. kontrol af *Legionella*, ikke have en langtidseffekt.

En desinfektion kræver et indgående kendskab til systemet ved valg af temperaturer/biocidbehandling, herunder om hvad der er muligt ift. fx rørmaterialer, og hvor længe behandling af system og tapsteder skal vare. Ved termisk behandling skal de valgte temperaturer opnås i hele biofilmen og kan med fordel måles på ydersiden af rørene. Periodisk desinfektion kan være en mulighed, men er en kompleks, energikrævende og ressourcekrævende procedure, som desuden ved høj temperatur kan medføre øget udfældning, korrosion (også en sideeffekt af biocidbehandling) og skader på systemet, herudover kan det medføre en opvarmning af koldtvandssystemet.

Særlige begreber og definitioner ifm. legionellasikring af brugsvandsinstallation

I den efterfølgende tabel 5-6 er givet en samlet oversigt vedr. de forskellige begreber og kriterier anvendt ifm. legionellasikring ved temperatur eller gennem anvendelse af biocid. Her er samtidig tydeliggjort problemstillinger ang. bl.a. termisk desinfektion. Endelig er inddraget resultater (i kursiv) fra de i projektet gennemførte fieldtests.

Tabel 5-6: Særlige begreber og definitioner angående behandling af brugsvand mod <i>Legionella</i>		
Dansk Engelsk	Kriterier	Kommentarer inkl. konkret projekterfaring
Termisk behandling (temperatur-behandling) <i>Thermal treatment</i>	Se efterfølgende graduering	En termisk behandling af brugsvandet med henblik på at undgå eller fjerne <i>Legionella</i> .
Termisk vedligehold (temperatur-vedligehold) <i>Thermal maintenance</i>	Altid 50 °C eller mere og overalt	En driftstemperatur på ≥ 50 °C overalt i brugsvandsinstallationen, dvs. fra opvarmingsgiver til tapsted, i kombination med en god driftsstrategi (se introduktionen) giver god sikring mod <i>Legionella</i> . En temperatur på 55 °C eller derover giver øget sikkerhed.
Termisk kompensering (temperatur-kompensering) <i>Thermal compensation</i>	45 – 50 °C kompenseres af højere temperaturer	Lidt for lave temperaturer modsvares af periodevis højere temperaturer med afsæt i vækst-/reduktions-kurver for <i>Legionella</i> ift. temperatur og tid. Der skal tages hensyn til, at <i>Legionella</i> findes i biofilm, som kan give en langsom reduktionstid. Behandlingen er ikke en sikker måde til kontrol af <i>Legionella</i> , men kan holde den centrale del af systemet fri for <i>Legionella</i> .
Termisk desinfektion * <i>Thermal disinfection</i> <i>Heat shock</i>	60 – 65 °C bevirker typisk 90 pct. reduktion af <i>Legionella</i> 65 – 70 °C eller mere ved tapsted for at opnå op mod 100% reduktion af <i>Legionella</i> , alle tapsteder behandles mindst 5 min.	Har til formål at reducere <i>Legionella</i> og biofilm i en brugsvandsinstallation. Nødvendig temperatur og varighed er afhængig af anlæggets beskaffenhed (størrelse mv.) samt graden af kontaminering, herunder tykkelse af biofilmen. Der er ofte anført en nødvendig temperatur på 60 – 65 °C, hvilket samtidig sikrer mod tilkalkning samt skoldning ved tapstedet. Flere kilder peger dog på, at højst 90% af <i>L. pneumophila</i> vil dø i løbet af 10 til 30 min og at resten kan overleve eventuelt som VBNC (levende men ikke dyrkbare). Endvidere fremgår at gentagne varmebehandlinger i dette temperatur-område kan medføre udvikling af varmetolerans. <i>Projektets demo har ud fra en enkelt installation tydeliggjort, at for at opnå ovennævnte reduktioner er det altafgørende, at desinfektionen dækker hele brugsvandsinstallationen, dvs. med åbne tapsteder (67 °C og 63 °C ved tapstedet i dette konkrete tilfælde).</i> Flere kilder anfører, at ~100% af <i>L. pneumophila</i> vil dø hurtigt ved 65 – 70 °C, dvs. i løbet af få minutter, men dog i nogen tilfælde kan overleve som VBNC (fx 10 – 20% efter 60 min ved 70°C). Nogle kilder anfører resultater, som viser at 70 °C eller mere er nødvendig, mens andre anfører at 65 °C formodentlig er tilstrækkelig i langt de fleste tilfælde. Temperaturerne er forudsat målt på ydersiden af rørene.
Temperatur-gymnastik <i>Periodic heat treatment</i>	Termisk kompensering suppleret med en indbygget desinfektion	Har typisk omfattet temperatur kompensering med vækst-/reduktionskurver for <i>Legionella</i> med en regelmæssigt gennemført desinfektion, der alene dækker opvarmingsenheden og cirkulationen. Dette giver en vis sikkerhed for vandet i veksleren/beholderen/cirkulationen, men ikke for, at der ikke er eller udvikles <i>Legionella</i> i den efterfølgende brugsvandsinstallation (koblingsledninger og tapsteder). Sidstnævnte er problematisk og kan give en falsk sikkerhed trods øget energiforbrug. Metoden kan eventuelt suppleres med automatik, der regelmæssigt sikrer behandling af tapsteder for øget sikkerhed. <i>Projektets demo har ud fra en enkelt installation tydeliggjort, at en sådan drift ikke sikrer mod <i>Legionella</i> i brugsvandsinstallationen og dens tapsteder.</i>

<p>Biocid kompensering</p> <p><i>Biocide compensation</i></p>	<p>En tilstrækkelig dosering af biocid for at kontrollere vækst af <i>Legionella</i> ved varierende temperaturer, eventuelt fra 45 °C og opefter</p>	<p>Det er som ved temperaturbehandling vigtigt, at doseringen gennem gode strømningsforhold kommer rundt i hele brugsvandsinstallationen i tilstrækkeligt høje koncentrationer, herunder at ophobning af biofilm i dele af systemet ikke forbruger alt det biocid, der er tilført.</p> <p>Hypoklorsyre har den største effekt ved relativt lave temperaturer og nedbrydes ved stigende temperaturer, hvilket kræver særlig opmærksomhed.</p> <p><i>Projektets demo – og tidligere undersøgelser har vist god effekt mht. at opnå lavt legionellaindhold, forudsat at anlægget fungerer korrekt, og at doseringen kommer rundt i hele brugsvandsinstallationen.</i></p> <p><i>Projektets demo har vist, at efter en vis periode med øget biocidbehandling reduceres Legionella svarende til ved termisk vedligehold, selv ved temperaturer < 50 °C.</i></p>
<p>Biocid desinfektion *</p> <p><i>Biocide disinfection</i></p>	<p>En tilstrækkelig dosering af biocid-tidsperiode for at bekæmpe høje <i>Legionella</i> koncentrationer og biofilm</p>	<p>Har til formål at reducere forekommende <i>Legionella</i> og biofilm i en brugsvandsinstallation og er et alternativ til termisk desinfektion. Det er som ved temperaturbehandling vigtigt, at doseringen gennem gode strømningsforhold kommer rundt i hele brugsvandsinstallationen og at tapstederne er åbne ved gennemførelsen. En desinfektion udføres som en øjeblikkelig afhjælpende foranstaltning ved konstatering af høje koncentrationer af <i>Legionella</i>.</p>

* Begrebet ”desinfektion iflg. Den Store Danske: ”Desinfektion, metoder til at fjerne sygdoms-fremkaldende mikroorganismer fra et materiale, fx et instrument. I modsætning til sterilisering vil en desinfektion normalt ikke fjerne samtlige levende organismer og virus.”

Tabel 5-6 Særlige begreber og definitioner angående behandling af brugsvand mod Legionella.

REFERENCER – DEL 3

År Hovedforfatter/udgiver – Titel; forfattere, udgivelse, dato

Danske:

1989 Backer - Mikrobiel vækst i varmtvandssystemer – konflikt mellem lavtemperaturfjernvarme og bekæmpelse af mikroorganismer; Lise Backer, 1989

1994 SBI - Bakterievækst i varmtvandssystemer - Forsøg i praksis; SBI, 1994

1995 SSI - Råd & anvisninger om Legionella. Statens Serum Institut, 1995

1998 Bagh(phd) - Mikrobiologisk vandkvalitet i varmtvandsinstallationer. Lene Bagh, PhD afhandling. SBI-rapport 298, Statens Byggeforskningsinstitut - Institut for miljøteknologi, DTU, 1998

2000 Bagh - Checkliste til forebyggelse af bakterievækst og herunder forekomst af Legionella i varmtvandsinstallationer, Teknologisk Institut 2000

2000 SSI - Legionella i varmt brugsvand – Overvågning, udredning og forebyggelse af legionærsygdom, Den Centrale Afdeling for Sygehushygiejne, Statens Serum Institut, 2000

2009 DS 439 Vand - DS 439:2009 Norm for vandinstallationer, Dansk Standard, 2009

2009 Rørcenteranvisning 015 – Tilbagestrømningssikring af vandforsyningssystemer; Teknologisk Institut, oktober 2009

2009 SBI – Varmt brugsvand, Måling og forbrug af varmetab i cirkulationssystemer; Fl. Schrøder et al, SBI, 2009

2012 Buhl – Fjernvarme og Legionella – Udredning og undersøgelser, Leon Buhl et al, ... Teknologisk Institut, 2012

2013 Brand, phd – Heating and Domestic Hot Water Systems in Buildings supplied by Low-Temperature District Heating, phd-afhandling, DTU, 2013

2014 Legionella – Brug af varmeveksler i en familiebolig med korte rørstrækninger, Leon Buhl, Teknologisk Institut samt forsyningerne i Albertslund, Esbjerg, Fredericia og Roskilde, 2014

2014 Schrøder – Stop energispild i varmtvandssystemer; Flemming Schrøder, Ingeniøren, 21. februar 2014

2015 DCW - Mikrobiologisk sikker sænkning af varmtvandstemperaturen; Danish Clean Water(DCW) et al, EUDP, 2015

2016 SSI - Legionella vejledning- risiko og tolkning af vandanalyser, Statens Serum Institut, 2016

2016 Byggeloven - Den danske byggelov "Byggeloven" senest revideret 2016, jf. LBK nr 1178 af 23/09/2016; <https://www.retsinformation.dk/eli/ta/2016/1178>

2016 Yang 1 - Alternative solutions for inhibiting Legionella in domestic hot water systems based on low-temperature district heating, Xiaochen Yang, Hongwei Li& Svend Svendsen, DTU, 2016

2016 Yang 2 - Decentralized substations for low-temperature district heating with no Legionella risk, and low return temperatures, Xiaochen Yang, Hongwei Li, Svend Svendsen, DTU, 19 May 2016

EUDP-Legionellasikring – Delrapport3: Myndighedskrav og undersøgelser

2023-03-23

2016 Yang 3 - Energy, economy and energy evaluations of the solutions for supplying domestic hot water from low-temperature district heating in Denmark; Xiaochen Yang [†], Hongwei Li, Svend Svendsen, Civil Engineering Department, Technical University of Denmark, Building 118, Brovej, DK-2800 Kgs. Lyngby, Denmark, 28 May 2016,

2018 Buhl – Små brugsvandsvekslere til lavtemperatur og uden legionellaproblemer, Leon Buhl, Teknologisk Institut samt forsyningerne i Albertslund, Esbjerg, Fredericia og Roskilde, 2018

2018 Lund - The status of 4th generation district heating: Research and results; Henrik Lund, Poul Alberg Østergaard, Miguel Chang, Sven Werner, Svend Svendsen, Peter Sorknæs, Jan Eric Thorsen, Frede Hvelplund, Bent Ole Gram Mortensen, Brian Vad Mathiesen, Carsten Bojesen, Neven Duic, Xiliang Zhang, Bernd Möller, Elsevier, 29 August 2018

2018 Rørcenteranvisning 027 – Vandinstallationer – Eksempelsamling til bygningsreglementets afsnit 21 og 24; Teknologisk Institut, december 2018

2018 Schrøder – Energibesparelser i ejendomme, præsentation, Flemming Schrøder, Niras, 2018

2019 Rørcenter-anvisning 017 – Legionella – Installationsprincipper og bekæmpelsesmetoder, Teknologisk Institut, maj 2019

2020 SBI - Identifikation af trends i forhold til vand- og varmforsyning og installationer, Jesper Kragh, BUILD AAU og Leon Steen Buhl, Teknologisk institut, SBI, August 2020

2021 Bygningsreglementet/BR18 – BR18 er en bekendtgørelse der er udstedt med baggrund i Byggelovens § 5 og 6. og som senest er opdateret 10/12/2020, <https://byggningsreglementet.dk/>

2020 EU Drikkevand - Europa-Parlamentets og Rådets direktiv (EU) 2020/2184 af 16. december 2020 om kvaliteten af drikkevand, EU, 16 december 2020

2021 Tværministerielle Legionella-projekter –

- Projekt 1: Undersøgelse af årsager til regionale forskelle
- Projekt 2: Undersøgelse af vandprøver som indikator for legionellatilfælde og -typer
- Projekt 3: Kortlægning af kommunernes arbejdsgange og undersøgelser af smittesteder
- Projekt 4: Identificering af trends i forhold til vand- og varmforsyning og installationer
- Projekt 5: Informationsindsats, september 2021,

se <https://docplayer.dk/222262351-Afrapportering-fra-tvaerfaglig-arbejdsgruppe-om-legionella.html>

2021 Varmeplan Danmark – En klimaneutral varmforsyning, Brian Vad Mathiesen et.al, Aalborg Universitet , 2021

Danske Legionella-temadage: Afholdt på Teknologisk Institut siden 2011; Indlæg fra de seneste år fremgår af <https://www.teknologisk.dk/ydelser/legionella-temadag/2021/40905>

Øvrige:

2002 Stålbom – Legionella – Risker I VVS-installationer, Göran Stålbom & Rolf Kling, VVS-installatørerne

2005 EN 806, part 2 - Specifications for installations inside buildings conveying water for human consumption, CEN, 2005

2006 VVS-Installatörerna – Legionella I vatteninstallationer – Tekniska faktorer med risk för samhällsförvärvad legionellainfektion, VVS-Installaörerna, 2006

2007 WHO - Legionella and the prevention of legionellosis, WHO, 2007

2010 UBA – Rund um das Trinkwatter – Ratgeber, UBA 2010

2011 Allegra - Longitudinal Evaluation of the Efficacy of Heat Treatment Procedures against Legionella spp. in Hospital Water Systems by Using a Flow Cytometric Assay; Severine Allegra, Florence Grattard, Françoise Girardot, Serge Riffard, Bruno Pozzetto, and Philippe Berthelot, Lyon University, Applied and Environmental Microbiology, 2011

2011 EN 1717 - Protection against water contamination in water installations and general requirements for backflow fuses, CEN, 2011

2011 UBA – Stellungnahme Legionellen: Aktuelle fragen zum vollzug der geänderten Trinkwasserverordnung, 28 Oktober 2011

2012 CEN/TR 16355: Recommendations for prevention of Legionella growth in installations inside buildings conveying water for human consumption, CEN, 2012

2012 Rühling - Untersuchungen zur Verifizierung von Sicherheitsabständen zur Zone des Legionellenwachstums in der Trinkwassererwärmung (English: Investigations for the verification of safety distances to the zone of the Legionella vigil in the drinking water heating), Forschungsreport, Karin Rühling, 2012

2014 Rühling - Verificierung von Sicherheitsabständen zur Zone des Legionellen Wächstums in der Trikwassererwärmung (English: Verification of safety distances to the zone of Legionella growth in water heating); Karin Rühling, 2014

2015 Vlioger – Dynamic Thermal modelling of Legionella Pneumophila proliferation in Domestic Hot Water Systems; Peter De Vlioger, Elisa Van Kenhove, Arnold Janssens and Jelle Laverge, Ghent University, Ghent, Belgium, 2015-12

2016 Säker Vatten - Branschregler Säker Vatteninstallation, Säker Vatten ??, 2016-1

2017 ESGLI - European Technical Guidelines for the Prevention, Control and Investigation of Infections caused by Legionella species, ESGLI (ESCMID Study Group for Legionallae Infections) ,June 2017

2017 IEA - Guidebook “Future Low Temperature District Heating Design Guidebook”, Final Report of IEA DHC Annex TS1, IEA DHC&CHP, 2017

2023-03-23

2017 WHO Recommendations - Recommendations Drinking Water Parameter Cooperation Project Support to the revision of Annex I Council Directive 98/83/EC on the Quality of Water Intended for Human Consumption (Drinking Water Directive), 2017

2018 CoolDH - Cool ways of using low grade Heat Sources from Cooling and Surplus Heat D2.1, 2018, <http://www.cooldh.eu/>

2018 EU 2017/0332 Proposal for Directive on the quality of water intended for human consumption, 1 February 2018

2018 Karlsson - Overcoming issues with Legionella in DHW in LTDH systems, Linita Karlsson & Klara Ottosson Lunds Universitet, Juni 2018

2018 Kenhove - Overview and comparison of Legionella regulations worldwide; Kenhove, Dinne, Janssens and Laverge, American Journal of Infection Control, 2018

2018 Löfström - Kontrol af legionella i svensk varmt brugsvand gennem brug af begrænsede vandmængder, Charlotta Löfström, forsker, ph.d., RISE, Sverige – Temadag: Legionella – udfordringer og løsninger, DTI, Aarhus, Denmark, 24 September 2018

2018 Rühling - Energieeffizienz und Hygiene in der Trinkwasserinstallation, DIN Normeausschuss Wasserwesen, Vortragende Karin Rühling, Sitzung NA 119-07-07 "Trinkwasserinstallation", Berlin, 13.11.2018, and several other articles and presentations, 2018-11-13

2019 Celsius – Legionella in DHW – 2 pages paper, CELSIUS-project, 2019

2019 Hove - Design and operation of domestic hot water systems: optimisation using building energy simulation; Matthias Van Hove, Elisa Van Kenhove, Lien De Backer, Jelle Laverge, Arnold Janssens, CLIMA 2019 Congress, Proceedings, 2019

2019 RElaTED - D2.2 Interconnection schemes for consumer installations, 2019, <http://www.relatedproject.eu/>

2019 Kenkove - Overview and comparison of *Legionella* regulations worldwide; Elisa Van Kenhove, Karla Dinne, Arnold Janssens & Jelle Laverge, 2019

2019 Kenhove (phd) - Coupled Thermohydraulic and Biologic Modelling of *Legionella* Pneumophila Proliferation in Domestic Hot Water Systems, Elisa Van Kenhove, 2019

2020 EU Water quality - Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption, EU, 16 December 2020 (som [2020 EU Drikkevand])

2020 IEA TCP-HPT - Legionella and Heat Pump Water Heaters – Guideline, HPT-Annex 46 – IEA-report, 2020

2020 Legionella Management - Management of Legionella in Water Systems Committee on Management of Legionella in Water Systems - A Consensus Study Report of Water Science and Technology Board, Board on Life Sciences, Board on Population Health and Public Health Practice, Division on Earth and Life Studies, Health and Medicine Division, National Academy of Sciences, Washington, 2020

EUDP-Legionellasikring – Delrapport3: Myndighedskrav og undersøgelser

2023-03-23

2020 Millar - Review Roadblocks to Low Temperature District Heating, Energies – review; Michael-Allan Millar, Bruce Elrick, Greg Jones, Zhibin Yu and Neil M. Burnside, University of Glasgow University of Strathclyde, Glasgow, UK, MPDI, 12 November 2020

2020 UBA - Mitteilung - Kollisionsregel Trinkwasserverordnung und Gebäudeenergiegesetz - Mindesttemperatur von erwärmtem Trinkwasser aus Großanlagen zur Trinkwassererwärmung, 11 Dezember 2020

2021 Grzegórska - Smart Asset Management for District Heating Systems in the Baltic Sea Region; Anna Grzegórska, Piotr Rybarczyk, Valdas Lukoševicius, Joanna Sobczak and Andrzej Rogala, Gdansk University of Technology/Poland and Kaunas University of Technology/Lithuania, January 2021

BEGREBER OG FORKORTELSER

Biocid behandling	Biocid er et produkt til bekæmpelse af skadelige, levende organismer, fx <i>Legionella</i> . Biocid kan anvendes som alternativ til termisk behandling, se i øvrigt afsnit 5.7 mht. biocid kompensering og biocid desinfektion
BR	Bygnings Reglementet udgivet af Bolig- og Planstyrelsen med baggrund i gældende dansk byggelovgivning
CFU/L	Colony Forming Units per Liter, dvs. måleenhed for bl.a. indhold af <i>Legionella</i>
DNA	Kommer af eng. DeoxyriboNucleic Acid; et molekyle, som bærer på de genetiske instruktioner, der bruges ved vækst, udvikling, funktion og reproduktion af alle kendte levende organismer og mange vira
EN	Europæisk standard udgivet af CEN, den europæiske standardiseringsorganisation
IEA	International Energi Agentur
ISO	International standard udgivet af ISO, den Internationale Standardiserings Organisation
LED	Lys Emitterende Dioder
<i>Legionella</i>	Bakterie af slægten <i>Legionella</i> , især bakterien <i>Legionella pneumophila</i> , der er den primære årsag til legionærsygdom
<i>Legionella pneumophila</i> , eller <i>L. pneumophila</i>	Den <i>Legionella</i> -art der er årsag til over 90% af danske tilfælde af legionærsygdom.
Legionellasikring	Anvendt for tiltag med henblik på at sikre et tilstrækkelig lavt indhold af lavt indhold af <i>Legionella</i> i en brugsvandsinstallation (dvs. < 1000 CFU/L).
MIF	Mature Infectious Form, dvs. moden, smitsom form
qPCR	quantitative Polymerase Chain Reaction og er en teknologi benyttet til kvantitativ måling af DNA ved hjælp af Polymerase Chain Reaction
Serogruppe	Opdeling af <i>Legionella</i> baseret på reaktion med antistoffer. <i>Legionella pneumophila</i> omfatter 16 forskellige serogrupper hvor serogruppe 1 er hyppigste årsag til sygdom
Termisk behandling	Termisk behandling er den centrale behandling ifm. sikring mod legionella, se i øvrigt del 3, afsnit 5.7 mht. termisk vedligehold, termisk kompensering og termisk desinfektion

2023-03-23

UBA	Umwelt Bundes Amt, den tyske miljøstyrelse
UV	Ultra Violet lys
VBNC	Vaible But Non-Culturable, dvs. en levende men ikke dyrkbar form
WHO	World Health Organization, den internationale sundhedsorganisation
virulens	Mikroorganismers evne til at fremkalde sygdom, dvs. smitsomheden