

Brugsvandsinstallationer og *Legionella*

Delrapport 4:

Legionella-risikovurderinger og -ressourcekonsekvenser

- Værktøjer og forslag til forbedringer
samt andre forbedringspotentialer

INDHOLD:

Forord

Resumé og konklusion / Summary and conclusion

Indholdsfortegnelse, detaljeret

1 Indledning vedr. del 4

2 Risikovurdering for *Legionella* i brugsvand

3 Relevante metoder for risikovurdering samt metodevalg

4 Legionella-risikovurdering med afsæt i FMEA

5 Risikovurderingsmetodens anvendelse og risikofaktorer

6 Ressourcevurdering for energi, klima, miljø og økonomi

7 Forbedringspotentialer for legionellasikring og -ressourceforbrug

Referencer

Begreber og forkortelser

Bilag

Teknologisk Institut

23. marts 2023



FORORD

Som beskrevet i rapportens afsnit 1 er projektet ”Legionellasikring af energieffektivisering for installationer og forsyning” (EUDP J. nr. 64020-1099) dokumenteret ved 6 delrapporter.

Nærværende delrapport 4 har TI/ Henrik Kjeldsen, Leon Buhl og Kaj Bryder som hovedforfattere for afsnit 2 – 5 og Carl Hellmers, Torben Schifter-Holm, Hagbard Clausen, Leon Buhl og Kaj Bryder for afsnit 6 – 7. Rapporten er udarbejdet i tæt samspil med den samlede projektgruppe, hvor især KAB, Fredericia Fjernvarme og Region Sjælland har medvirket ang. de brugerorienterede eksempler og de to producenter DCW og METRO THERM A/S har leveret input ang. de to produktløsninger dækkende hhv. behandling med temperatur og biocid.

Projektgruppe har bestået af:

- Hagbard 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, Teknologisk Institut (projektansvarlig).

Særlige skriveregler:

- *Legionella* er benyttet som skrivemåde for Legionella/legionella aht. dets generelle anvendelse i forskningsverdenen
- 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 litteraturlister, 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 ”-”.

RESUMÈ OG KONKLUSION

I fortsættelse af udredningsrapporterne del 1-3 dækker delrapport 4 udrednings- og udviklingsarbejdet vedr. legionella-risikovurderinger samt vedr. konsekvenserne for energiforbrug, klima, miljø og økonomi ved forskellige løsninger for bedre sikring mod *Legionella*. Rapporten afsluttes med en beskrivelse af de samlede forbedringspotentialer omfattende dels de i projektet gennemførte tiltag, dels andre forslag til forbedring.

Mht. risikovurderingerne blev bl.a. konstateret:

- Et stigende behov for risikovurderinger af brugsvandsinstallationer mht. *Legionella* bl.a. foranlediget af det nye EU drikkevandsdirektiv som vil bevirke myndighedsmæssige krav; samtidig er det af hensyn til udbredelsen vigtigt, at værktøjet skal kunne anvendes bredt uden et samtidigt stort ekspertisebehov
- En egentlig statistisk baseret risikovurdering er kraftigt udfordret af manglende datagrundlag vedr. de centrale influensparametre og deres betydning for legionellavækst/-reduktion, herunder temperaturens indflydelse, herudover er der i Danmark en geografiske variation i den konstaterede incidens af legionærsygdom i størrelsesordenen en faktor 5, som pt. ikke kan forklares.
- Grundet et generelt stigende samfundsmæssigt behov for gennemførelse af risikovurderinger og analyser er der gennem en årrække udviklet forskellige værktøjer for risikoanalyse hver med deres fordele og ulemper.

Som følge heraf blev det fundet mest hensigtsmæssigt og perspektivrigt at tage afsæt i FMEA (Failure Modes and Effects Analysis), som har en lang historik som risikovurderingsværktøj. Der er efterfølgende med afsæt i konklusionerne fra del 3, samt via brugerinput fra boligselskab, fjernvarmeselskab og hospital, udviklet et værktøj understøttet af rating-skemaer for de centrale influensparametre, samt med mulig hensyntagen til supplerende temperatur- og biocidbehandling. Værktøjet, kaldet *LegionellaRisk*, er i en pilotudgave blevet afprøvet på 5 ejendomme hos KAB. Det skal afsluttende anføres, at det er væsentligt, at legionellasikringen dækker alle døde ender og at der tages højde for sjældent anvendte tapsteder, samt at der ikke i risikovurderingen er inddraget selve tapstedets effekt, herunder dets mulige grobund for lokal *Legionella* og spredning via aerosoler, fx fra en bruser, bortset fra en vurdering af bruserens art.

Mht. konsekvenserne for energiforbrug, klima, miljø og økonomi ved forskellige løsninger for bedre sikring mod *Legionella* blev bl.a. konstateret:

- De nødvendige højere temperaturer for brugsvandsinstallationen, end hvad komfortbehovene kræver, har en betydelig pris i form af øget energiforbrug, øget klima- og miljøbelastning samt økonomisk, hvilket kraftigt udfordrer de samfundsmæssige energi- og klimaønsker.
- Der findes alternative løsninger til temperatursikring, herunder anvendelse af biocid fx det i projektet omhandlede hypoklorsyre (Neuthox), men her savnes bl.a. myndighedsanvisninger ang. dokumentationskrav og anvendelse.

Det konkluderes samtidig, at en objektiv vurdering af forskellige løsnings konsekvenser for energiforbrug, klima, miljø og økonomi mest hensigtsmæssigt må ske gennem det arbejde, der aktuelt pågår angående livscyklusanalyser (LCA), som myndighedsmæssigt skal være på plads senest 2029.

Der er i fortsættelse af de i projektet gennemførte tiltag omfattende et risikovurderingsværktøj og to produktløsninger) sidst i rapporten peget på andre potentielle forbedringstiltag mht. sikring mod *Legionella* i brugsvandsinstallationer og de afledte temperaturmæssige udfordringer. Dette sigter mod såvel tilpasning af myndighedskrav, anvisninger, vejledning og undervisning som nye værktøjer og udnyttelse af nye teknologier.

SUMMARY AND CONCLUSION

In continuation of the investigative reports parts 1-3, part 4 cover the investigative and development work regarding *Legionella* risk assessments and regarding the consequences for energy consumption, climate, environment and economy of different solutions for better protection against *Legionella*. The report concludes with a description of the overall potential for improvement, including the measures implemented in the project and other proposals for improvement.

Regarding the risk assessments were, among other things, identified:

- An increasing need for risk assessments of domestic water installations with regard to *Legionella*, i.a. prompted by the new EU drinking water directive which will cause regulatory requirements; at the same time, for reasons of dissemination, it is important that the tool can be used widely without a simultaneous need for great expertise
- An actual statistically based risk assessment is strongly challenged by a lack of data regarding the central influence parameters and their importance for growth/reduction of *Legionella*, including the influence of temperature, in addition there is a geographical variation in the incidence of Legionnaires' disease in the order of a factor 5 in Denmark, which currently cannot be explained.
- Due to a generally increasing societal need for carrying out risk assessments and analyses, various tools for risk analysis have been developed over several years, each with their advantages and disadvantages.

As a result, it was found most appropriate and perspective-rich to take FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) as a starting point, which has a long history as a risk assessment tool. Subsequently, based on the conclusions from part 3, as well as via user input from the housing company, district heating company and hospital, a tool has been developed supported by rating schemes for the central influence parameters, as well as with possible consideration of supplementary temperature and biocide treatment. The tool, called *LegionellaRisk*, has in a pilot version been tested on properties at KAB. Finally it must be stated that it is essential that the protection of *Legionella* cover all dead ends and that rarely used tapping points are considered. Furthermore, the risk assessment does not include the effect of the tap location itself, including its possible breeding ground for local *Legionella* and spread via aerosols, e.g. from a shower.

Regarding the consequences for energy consumption, climate, environment and economy of different solutions for better protection against *Legionella* were, among other things, identified:

- The necessary higher temperatures for the domestic water installation, than what the comfort needs require, have a considerable price in the form of increased energy consumption, increased climate and environmental impact as well as economic, which strongly challenges society's energy and climate wishes.

- There are alternative solutions for temperature protection, including the use of a biocide, for example the hypochlorous acid referred to in the project (Neuthox), but here, among other things, authority instructions regarding documentation requirements and use.

At the same time, it is concluded that an objective assessment of the consequences of various solutions for energy consumption, climate, environment and economy must most appropriately be carried out through the work that is currently underway regarding life cycle analyzes (LCA) and which, according to the authorities, must be in place by 2029 at the latest.

In continuation of the measures implemented in the project (comprising a risk assessment tool and two product solutions) at the end of the report, other potential improvement measures are pointed out in terms of protection against *Legionella* in domestic water installations and the resulting temperature challenges. This aims at both adaptation of authority requirements, instructions, guidance and training as well as new tools and utilization of new technologies.

DETALJERET INDHOLDSFORTEGNELSE DEL 4

1 INDLEDNING VEDR. DELRAPPORT 4	7
1.1 Projektets formål og opdeling i delaktiviteter og -rapporter	
1.2 Delrapport 4 om risikovurderinger og ressourcevurderinger	
2 RISIKOVURDERING FOR <i>LEGIONELLA</i> I BRUGSVAND	8
2.1 Risici, risikofaktor, risikoanalyse og risikovurdering for <i>Legionella</i> i brugsvand	
2.2 Kvalitativ eller kvantitativ risikovurdering og evt. statistisk baseret	
2.3 Formålet med projektets risikovurdering samt afgrænsning mht. brugsvandsinstallationen	
2.4 WHO's fokusering på risikovurdering aht. sikkert drikkevand og brugsvand	
2.5 EU's drikkevandsdirektiv med fokus på bl.a. <i>Legionella</i> og risikovurdering	
2.6 De danske tiltag via Rørcenteranvisning 017 og drikkevandsovervågning	
3 RELEVANTE METODER FOR RISIKOVURDERING SAMT METODEVALG	14
3.1 Forskellige grundmetoders egnethed i fm. vandforsyning og installationer	
3.2 Karakteristika for udvalgte grundmetoder (FMEA, HAZOP, HACCP m.fl.)	
3.3 WHO's QMRA-metode og de afledte udfordringer	
3.4 Statistisk risikovurdering baseret på erfa-data (HOFOR)	
3.5 Valg af metode for risikovurdering for <i>Legionella</i> i brugsvandsinstallationer	
3.6 Risikovurdering af produktløsninger for sikring af deres effekt og pålidelighed	
4 LEGIONELLA-RISIKOVURDERING MED AFSÆT I FMEA	24
4.1 Anvendelse af FMEA som grundlag for risikovurderingsværktøj for <i>Legionella</i>	
4.2 Metode- og værktøj med afsæt i FMEA (<i>LegionellaRisk</i>) -> Bilag 1	
4.3 Diskussion af FMEA-metodens fire trin mht. projektønsker og valg	
4.4 Hensyntagen til influensparametrenes usikkerhed	
4.5 Alternative og parallelle vurderingskriterier bl.a. via FMECA	
5 RISIKOVURDERINGSMETODENS ANVENDELSE OG RISIKOFAKTORER	33
5.1 Risikovurderingsmetoden med tilhørende influensparametre og risikofaktorer → Bilag 2	
5.2 Gennemgang af brugsvandsinstallationen og dens komponenter	
5.3 Hensyntagen til materialer og isolering	
5.4 Hensyntagen til vandkvalitet og -behandling	
5.5 Hensyntagen til vandtemperatur og legionellasikring	
5.6 Hensyntagen til vandets strømnings- og trykforhold	
5.7 Tapstederne med afgørende rolle – samt betydningen af komplet desinfektion	
5.8 Måling, styring og overvågning samt varsling som ekstra sikkerhed	
5.9 Risikovurderingsmetodens anvendelse og videre udvikling → Bilag 3	
6 RESSOURCEVURDERING FOR ENERGI, KLIMA, MILJØ OG ØKONOMI	51
6.1 Energi- og andre ressourcemæssige problemstillinger ved legionellasikring	
6.2 CO ₂ -aftrykket og andre klimamæssige konsekvenser	
6.3 Miljø- og korrosionsmæssige effekter inkl. kemikaliers nedbrydelighed	
6.4 Forslag til omkostningsmæssig vurdering af forskellige Legionella-sikringer ("deklaration")	
6.5 Omkostningerne ved legionellasikring og sikring af retfærdig fordeling	
6.6 Dilemma mellem Legionellasikring og ressourceforbrug	

7 FORBEDRINGSPOTENTIALER FOR LEGIONELLA-SIKRING OG -RESSOURCER..... 62

- 7.1 Projektets umiddelbare tiltag og deres mulige udvikling
- 7.2 Opstramning af standarder og vejledninger samt hensyntagen til EU drikkevandsdirektiv
- 7.3 Paradigmeskift gennem inddragelse af biocid og andre alternativer i myndighedskrav
- 7.4 Etablering af simuleringsmodeller for analyse af temperaturløsninger mv.
- 7.5 Bedre kundskaber og løbende kontrol via fx energimærkning og energitilsyn
- 7.6 Videninitiering og formidling af erfa fra konstaterede tilfælde med *Legionella*
- 7.7 Ny teknologi med øget samspil samt spilleregler for opnåelse af anerkendelse
- 7.9 Andet, herunder mht. hospitaler, plejehjem mv.

REFERENCER 69

BEGREBER OG FORKORTELSER 71

BILAG 1 – 4: 73

BILAG 1 Risikovurderingsværktøj *LegionellaRisk* 74

BILAG 2 Vurderingstabeller for influensparametre og afledte effekter 76

BILAG 3 Eksempler på anvendelse af *LegionellaRisk* 95

1 INDLEDNING VEDR. DELRAPPORT 4

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:

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. Afsluttet 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. Afsluttet 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 4 med fokus på Legionella-risikovurdering og -energikonsekvenser

Delrapport 4 har til formål at udrede værktøj for legionella-risikovurdering samt at sammenholde de afledte energi- og andre ressourcemæssige konsekvenser ved forskellige løsninger for sikring mod *Legionella*.

I afsnit 2 – 5 gennemgås forskellige krav, løsningsmuligheder og metoder angående risikovurdering med relation til *Legionella* i brugsvandsinstallationer. Der er efterfølgende med afsæt i den betydelige usikkerhed angående de forskellige influensparametre og det til dels manglende statistiske datagrundlag, jf. del 1 – 3, valgt at udvikle en simplificeret metode med inspiration fra især det bredt anvendt FMEA (Failure Mode Effects Analysis). Metoden og det udviklede værktøj, "*LegionellaRisk*", er detaljeret belyst i bilag 1 "*Risikovurderingsværktøj LegionellaRisk*" og bilag 2 "*Vurderingstabeller for influensparametre og afledte effekter*", mens bilag 3 angiver eksempler på anvendelse af *LegionellaRisk*.

I afsnit 6 og 7 gennemgås energi- og andre ressourcemæssige problemstillinger, herunder energiforbrug, forbrug af kemikalier og andre evt. miljø- og klimabelastende forhold, samt økonomi, med henblik på en objektiv vurdering af forskellige løsninger for sikring mod *Legionella*. Endvidere er vurderet og belyst særlige problemstillinger angående evt. udgiftsfordelingen ved tiltag for sikring mod *Legionella*, herunder ved nedsættelse af fremløbstemperaturen for fjernvarme

Endelig giver afsnit 8 en sammenfatning vedr. legionellasikring og ressourceforbrug.

2 RISIKOVURDERING FOR *LEGIONELLA* I BRUGSVAND

2.1 Risici, risikofaktor, risikoanalyse og risikovurdering for *Legionella* i brugsvand

”Begrebet risiko er et udtryk for sandsynlighed og konsekvenser af en uønsket hændelse” [Den Danske Ordbog]. Dvs. sandsynligheden for, at noget går galt, og de negative konsekvenser, hvis det går galt. Den uønskede hændelse kan fx være et uheld eller en skade, som en person eller en ting udsættes for. I det aktuelle tilfælde gælder det tilstedeværelse af betingelser i brugsvandsinstallationen, fx temperaturforhold, som kan afstedkomme *Legionella* i brugsvand, som i uheldige tilfælde kan føre til at en person får legionærsygdom (lungebetændelse) eller anden sygdom forårsaget af *Legionella* herunder Pontiac feber (influenzalignende sygdom).

Gennem en risikoanalyse identificeres og kortlægges de forskellige, potentielle risici, eller risikofaktorer mht. deres indflydelse på udvikling af *Legionella* i brugsvandsinstallationen i det aktuelle tilfælde. Dette afhænger af, hvorledes de enkelte influensparametre, fx temperaturen, ved den aktuelle risici påvirker udvikling og reduktion af *Legionella*.

Risikovurderingen kobler en sandsynlighedsanalyse med en konsekvensbetragtning. Den består af risikoanalysen suppleret med en vurdering af de samlede konsekvenser, som det måtte have, hvis hændelserne faktisk indtrådte, ligesom der normalt er inkluderet en opfølgende handling eller handlingsplan med henblik på aktuelt eller på sigt at bringe risikoen ned på et ønsket niveau. Flere anfører derfor følgende fremgangsmåde/elementer i en risikovurdering:

- 1) Identifikation af risici
- 2) Vurdering af risici
- 3) Handlinger mod risici
- 4) Opfølgning.

Risikovurdering er et begreb, som de seneste år har vundet meget stor udbredelse i forskellige samfundsmæssige sammenhænge, eksempelvis vedr. datasikkerhed, ulykker af forskellig art og sygdomme ifm. epidemier, se fx [2020 Digitaliseringsstyrelsen] og [2022 BFA-industrien]. I afsnit 2.4 – 2.6 er beskrevet relevante udenlandske og danske eksempler på risikovurderingstiltag med særlig relevans ift. *Legionella* i brugsvandsinstallationer.

Med den stigende forekomst af legionærsygdom i Danmark såvel som i udlandet er der tilsvarende kommet megen fokus på at vurdere risikoen for forekomsten af *Legionella* og legionærsygdom som følge af de forskellige påvirkninger personer udsættes for.

2.2 Kvalitativ eller kvantitativ risikovurdering og evt. statistisk baseret

Risikovurderinger kan gennemføres på forskellig vis. De kvalitative metoder definerer skalaer med et vist antal trin. Herefter rangordner og indplacerer man hændelser inden for disse trin. Denne metode giver et kvalificeret bidrag til at afdække den aktuelle situation. Figur 3-1 illustrerer en typisk kvalitativ metode, hvor der er knyttet en letforståelig farve til vurdering af resultaterne, således at rød markerer en risiko med høj konsekvens og med stor sandsynlighed.

Med en kvantitativ fremgangsmåde anvendes numeriske værdier ud fra måling, som grundlag for vurdering af risikoen. Det kan være meget omfattende at udføre en kvantitativ analyse, og det kan ofte være svært at sætte tal på de indirekte konsekvenser, fx hvad præcist, der er årsag til, at en person får legionærsygdom grundet en brugsvandsinstallation med *Legionella*.

Konsekvens	Lille = 1	Mellem = 2	Høj = 3
Sandsynlighed			
Meget usandsynligt = 1	Risiko kan tolereres	Risiko kan tolereres	Moderat risiko
Sandsynligt = 2	Risiko kan tolereres	Moderat risiko	Risiko kan ikke tolereres
Meget sandsynligt = 3	Moderat risiko	Risiko kan ikke tolereres	Risiko kan ikke tolereres

Figur 3-1 Grundlæggende risikovurdering via vurdering af sandsynlighed og konsekvens.

I praksis benyttes ofte en kombination af kvalitative og kvantitative metoder, hvor man starter med en kvalitativ vurdering af konsekvenser. Denne kan så efterfølgende underbygges kvantitativt, såfremt man har de nødvendige data og behov for at skærpe vurderingen.

Statistisk risikovurdering er en kvantificering af en situations risiko ved hjælp af statistiske metoder, dvs. hvor man estimerer en sandsynlighedsfordeling for udfaldet af en specifik variabel eller mindst en eller flere nøgleparametre for denne fordeling.

Kvantitative metoder vægter, i modsætning til kvalitative metoder, indsamlingen af større mængder af "hårde" data, dvs. oplysninger, der umiddelbart kan måles og kvantificeres. De kategoriseres ofte vha. statistiske metoder, og resultaterne præsenteres numerisk. Kvantitative metoder kan derfor i et vist omfang siges at være mere præcise, men de har typisk også et smallere omfang.

2.3 Formålet med projektets risikovurdering og afgrænsning mht. brugsvandsinstallationen

Risikovurdering med datamæssigt afsæt og med sigte på sikring mod *Legionella* i installationen

Formålet med projektets risikovurderingsværktøj er at kunne vurdere og sikre en brugsvandsinstallation, så risikoen for at en person får overført *Legionella* med evt. legionærsygdom til følge er tilstrækkelig lille. Ved udvikling af værktøjet tages afsæt i det datagrundlag vedrørende legionella-influensparametre, som er tilvejebragt i del 1-3, og sigtet er at installationen med en tilladelig risiko opfylder kravene til grænseværdi for legionella-kim (CFU/L).

I fortsættelse af risikovurderingen vurderes de omkostninger (energi, klima, miljø og økonomi), som forskellige statistiske risici giver anledning til.

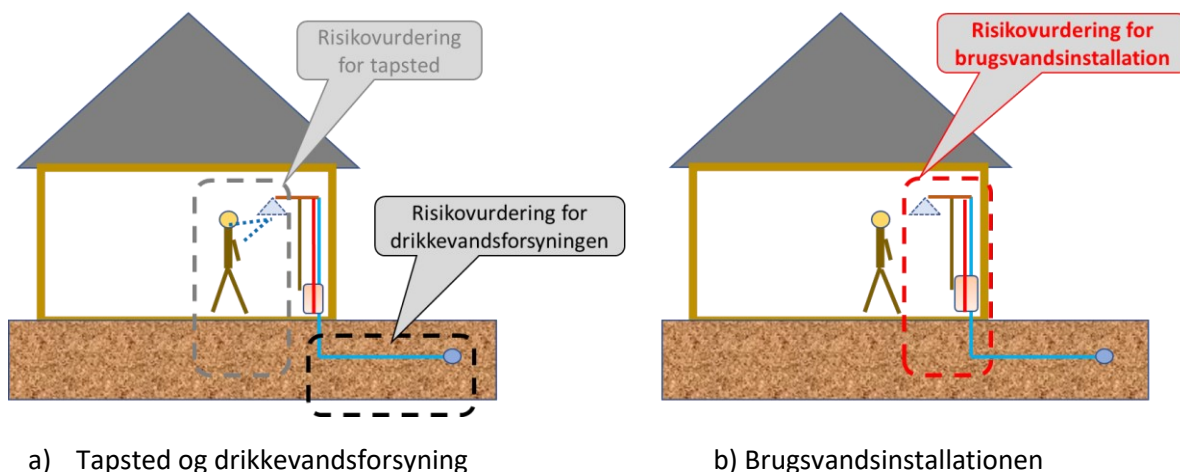
Risikovurderingsmetoden skal:

- være baseret på et datamæssigt statistisk grundlag i det omfang, som udredningen gennemført i del 1 – 3 giver mulighed for
- rette sig mod anvendelse på brugsvandsinstallationer af forskellig størrelse, ejerskab og driftsforhold
- kunne anvendes for såvel den enkelte installation, som flere installationer
- skal den kunne benyttes ved såvel en gennemgang af såvel nye som eksisterende brugsvandsinstallationer

- kunne anvendes og nyttiggøres af såvel den lokalt driftsansvarlige, som den overordnede bygningsansvarlige.

Projektets afgrænsning af risikovurderingen mht. brugsvandsinstallationen

I projektet er der primært fokus på risikoen for *Legionella* i selve brugsvandsinstallationen, som i uheldige tilfælde ved indånding af aerosoler med *Legionella* kan resultere i legionærsygdom. Hovedsigtet er således ikke på den rolle udformningen af armatur, bruserhoved osv. har på legionellaeksponeringen fra bruser, spabade mv. og resulterende i menneskelig optagelse af *Legionella* og afledt sygdom, jf. hhv. figur 2-1b og 2-1a.



Figur 2-1 Legionella-risikovurdering for de enkelte delelementer

Da tapstedet har afgørende betydning for om en bruger eksponeres for *Legionella* i en brugsvandsinstallation, er der dog i såvel afsnit 3 som i den udviklede metode, se afsnit 4 og 5, belyst og medtaget eksempler på vurderinger med relation til tapstedet.

Risikovurderingen af brugsvandsinstallationen har afsæt i grænseværdier for *Legionella*

Ved vurderingen af brugsvandsinstallationen tages afsæt i de anførte grænseværdier i tabel 2-1, som bygger på del 3, afsnit 5.3.

Legionella, CFU/L	Niveau	Handlingsforslag	Andre kommentarer
0 – 100	Acceptabelt	Acceptabelt	
100 - 1000	Lavt niveau	Kontroller at systemet opfylder kravene til flow, temperaturer, biocid eller anden kontrolforanstaltning	
1000 – 10.000	Moderat niveau	Prøver afhængigt af antal prøver med overskridelse, samt risikovurdering for forbedringer	
10.000 – 100.000	Højt niveau	Øjeblikkelig gennemførelse af prøver og gennemgang af kontrolforanstaltninger, samt risikovurdering for forbedringer	Overvej lukning indtil legionella-niveau er under kontrol
> 100.000	Meget højt niveau	Anlægget skal gennemgås med henblik på afhjælpende foranstaltninger	Skal desinficeres og gennemgås ud fra sundhedsmæssigt synspunkt!

Tabel 2-1 Grænseværdier ved vurdering af brugsvandsinstallationer mht. *Legionella*.

2.4 WHO's fokusering på risikovurdering aht. sikkert drikkevand og brugsvand

World Health Organization (WHO) har været en væsentlig faktor i denne udvikling og har som belyst i del 3, afsnit 4.1 gennemført en række tiltag med henblik både på at sikre rent drikkevand og på at det ikke forurenes. Dette arbejde har bl.a. omfattet:

- **Drinking water risk assessment** [2016 WHO Risk], der vedrører overordnede overvejelser og vejledning angående overordnet risikovurdering af drikkevandsforsyning, og som har influeret på flere landes krav.
- **Quantitative Microbial Risk Assessment: Application for Water Safety Management** [2016 WHO Quantitative Risk], der belyser en grundlæggende metode for vurdering af den mikrobielle risiko, og som bl.a. vedrører overførslen af *Legionella* fra et tapsted til en person via aerosoler.

Derudover har som nævnt i del 3, afsnit 3.1 WHO givet til input til udarbejdelse af det nye EU drikkevandsdirektiv, der har betydelig fokus på *Legionella* og også inkluderer risikovurderingskrav.

2.5 EU's drikkevandsdirektiv med fokus på bl.a. *Legionella* og risikovurdering

Som anført i del 3, afsnit 3.1 vedtog EU i december 2020 et nyt EU drikkevandsdirektiv: "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" [2020 EU-drikkevand], som på flere områder skærper kravene til dokumentation af, at drikkevandskvaliteten – såvel som kvaliteten af det varme brugsvand er tilfredsstillende, herunder at det ikke indeholder forhøjede niveauer af *Legionella* og at der for større ejendomme udføres en risikovurdering.

Af direktivet fremgår af de indledende "betragtninger" bl.a.:

- at WHO har bemærket at i EU er *Legionella* en stor sundhedsmæssig udfordring og bl.a. overføres via varmtvandsanlæg gennem indånding, f.eks. ved brusebade, dvs. at det tydeligt er forbundet med forbrugernes fordelingsnet
- At det er urimelig dyrt, hvis alle skal have brugsvandet løbende kontrolleret (testet), hvorfor der i stedet skal foretages en forebyggende risikovurdering, og hvor det kun er for prioriterede "ejendomme", at der skal udføres regelmæssig test ("betragtning 19").

Risikovurderingen skal dække:

- indvindingsoplandene for indvindingssteder af drikkevand
- forsyningssystemerne
- forbrugernes fordelingsnet,

og skal være sat i værk senest 12. januar 2029.

Mht. forbrugernes fordelingsnet anføres ("betragtning 15"), at risikovurderingen skal inkludere de potentielle risici, der kan tilskrives forbrugernes fordelingsnet, f.eks. *Legionella* eller bly («risikovurdering af forbrugernes fordelingsnet»), samt at der skal være særlig fokus på prioriterede ejendomme, som fx kan være hospitaler, plejehjem, børneplejefaciliteter, skoler, uddannelsesinstitutioner, bygninger med indkvarteringsmuligheder, restauranter, barer, sports- og indkøbscentre, fritids-, rekreations- og udstillingsfaciliteter, fængsler og campingpladser

Der fremgår samtidig følgende krav:

Parametre af relevans for risikovurderingen af forbrugernes fordelingsnet (f.eks. tapsteder, rør, tanke).

- *Legionella < 1 000 CFU*/L*
- *Bly 10 µg/l (5 µg/l ved vandhanen er det langsigtede direktiv krav og allerede gældende i DK)*

**) CFU (kolonidannende enhed): en enhed, der bruges i mikrobiologi til at estimere antallet af levedygtige bakterier eller svampeceller i en prøve. Levedygtig defineres om evnen til at formere sig ved deling under kontrollerede forhold*

I artikel 10 anføres, at alle følgende foranstaltninger skal tages i betragtning i det videre arbejde:

- a) at ejere af offentlige og private ejendomme tilskyndes til at udføre en risikovurdering af forbrugernes fordelingsnet*
- b) at forbrugere og ejere af offentlige og private ejendomme underrettes om foranstaltninger med henblik på at fjerne eller mindske risikoen for manglende overholdelse af kvalitetsstandarder for drikkevand på grund af forbrugernes fordelingsnet*
- c) at forbrugere rådgives om betingelserne for forbrug og brug af drikkevand og om mulige foranstaltninger for at undgå, at nævnte risici genopstår*
- d) at fremme uddannelse af blikkenslagere og andre fagfolk, der beskæftiger sig med forbrugernes fordelingsnet og installation af byggevarer og -materialer, der kommer i kontakt med drikkevand*
- e) at sikre, at der for så vidt angår Legionella indføres effektive kontrol- og styringsmæssige foranstaltninger, som er tilpasset risikoen, for at forebygge og imødegå eventuelle sygdomsudbrud,*

2.6 De danske tiltag via Rørcenteranvisning 017 og drikkevandsovervågning

Den danske "Rørcenteranvisning 017" fra 2019 [2019 Rørcenteranvisning 017] indeholder som beskrevet i del 3, afsnit 2.3 og 2.5 også anvisning ang. etablering af en risikovurdering af brugsvandsinstallationer og omfattende følgende delelementer:

- *Opgavetildeling ved risikovurdering*
- *Risikoorganisation*
- *Forhold der giver risiko for legionellavækst*
- *Overordnede risikovurderingsområder*
- *Risikovurdering i forbindelse med daglig drift*
- *Regelmæssige kontrol*
- *Laboratorieprøver*

Mht. selve risikovurderingen for den daglige drift af brugsvandsinstallationen anføres, at den 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 også 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*

I det tilhørende *bilag 4: Skema for risikovurdering* er samtidig givet indledende forslag til, hvilke risikoparametre der bør omfattes i en indledende risikovurdering,

Ud over *Rørcenteranvisning 017's* risikovurderingsforslag angående brugsvandsinstallationen er tidligere pågået forskellige danske tiltag vedr. risikovurdering for og overvågning af drikkevandsforsyningen generelt. Det gælder bl.a. rapporten "*HACCP – et værktøj til risikostyring i vandforsyningen*" fra 2005 [2005 Bruun], der har sigte mod at sikre at drikkevandet generelt ikke udgør en sundhedsrisiko.

3 RELEVANTE METODER FOR RISIKOVURDERING SAMT METODEVALG

3.1 Forskellige grundmetoders egnethed ifm. vandforsyning og installationer

I EU-projektet TECHNEAU blev gennemført en større udredning ”*Methods for risk analysis of drinking water systems from source to tap – Guidance report on Risk Analysis*” [2009 TECHNEAU-Risk], som gennemgår og vurderer forskellige grundmetoder med henblik på gennemførelse af risikovurderinger for drikkevandssystemer fra oppumpning til tapsted. Dette er der taget afsæt i mht. det efterfølgende, men suppleret med andre kilder.

De vigtigste trin i en risikovurdering er:

1. Definer mål og omfang af risikoanalysen. Lav en systembeskrivelse og plan for arbejdet
2. Identificer farer og farlige hændelser
3. Estimér risici

De mest relevante metoder (Bayesian Network, CRA, ETA, FTA, FMEA, FMECA, HACCP, HAZID, HAZOP, HRA, QMRA) er beskrevet i nærværende afsnit 3.4 og er i øvrigt også dem, som ses anvendt i andre risikovurderingsmæssige sammenhænge.

Det konkluderes i rapporten, at risikovurdering er et nyttigt værktøj for en ledelse til at kontrollere de mange forskellige farer og farlige hændelser i vandforsyningen, fx:

- Forurening fra oplandet (biologisk/kemisk);
- Fejl i behandlingssystemerne (teknisk/menneskelig);
- Fejl i distributionssystemet, (vandlækage med udtrængende forurenede vand, indtrængning af forurenede vand i rørene).

Det fremgår samtidig, at ”risikobilledet” for vandforsyning er ret komplekst, hvor fx tekniske, biologiske og menneskelige aspekter spiller ind i et stort og mangfoldigt system. Det er også nødvendigt at overveje og balancere risiciene forbundet med både vandkvalitet og -kvantitet; et faktum, der yderligere øger kompleksiteten.

I den danske vandforsyningssammenhæng blev der i 2005 gennemført et pilotarbejde angående anvendelse af HACCP-konceptet, se nærværende afsnit 3.4, ifm. prioritering af indsatsen overfor specifikke risikofaktorer for drikkevandsvandkvaliteten., jf. ”HACCP – et værktøj til risikostyring i vandforsyningen” [2005 Bruun]. Dette førte senere til at flere forsyninger etablerede kvalitetsstyringssystemer med udgangspunkt i en dansk tilpasset metode for vurdering af drikkevandssikkerhed, jf. [2011 DANVA-rapport 86].

3.2 Karakteristika for udvalgte grundmetoder (FMEA, HAZOP, HACCP m.fl.)

Forskellige metoder for risikovurdering og deres kompleksitet

Med afsæt i [2009 TECHNEAU-Risk] og suppleret med andre referencer (enkelte indføjet) er efterfølgende i alfabetisk rækkefølge sammenfattet en kort beskrivelse af de umiddelbart mest relevante metoder og suppleret med vurdering af metodernes egnethed og kompleksitet og tilgængelighed anført i [] og ud fra følgende skala:

H: Høj kompleksitet af analysen.

M: Middel kompleksitet af analysen.

L: Lav kompleksitet af analysen.

- **Bayesian Network** [H] er en avanceret analyseteknik til at modellere, hvordan forskellige faktorer påvirker ydeevnen af relevante systemer og dermed den resulterende risiko. Netværket resulterer i et kvantitativt resultat, der repræsenterer sandsynligheden for, at en bestemt hændelse vil ske. Det grafiske layout (knuderne og afhængighederne) plottes først. Især for komplekse problemer er en vis mængde analytisk viden påkrævet. Sandsynligheden for afhængighederne kan baseres på: rådata indsamlet ved direkte måling, rådata (for det meste perceptioner) indsamlet gennem interessentfremkaldelse, output fra modeller, ekspertudtalelser baseret på teoretiske beregninger eller bedste skøn.
- **CRA** (Coarse Risk Analysis) [L] er en grov risikoanalyse (ofte også omtalt som en foreløbig risikoanalyse) med henblik på at etablere et groft risikobillede med en forholdsvis beskeden indsats. Analysen dækker udvalgte dele af eller hele sløjfebåndet, det vil sige de initierende hændelser, årsagsanalysen og konsekvensanalysen. Analyseteamet består typisk af 3-10 personer. Analysen udføres ofte ved at opdele analyseemnet i delelementer og derefter ved at udføre risikoanalysen for hvert af disse delelementer på skift. Dette gælder, uanset om analysen fokuserer på et stykke af en motorvej, et produktionsanlæg, et offshoreanlæg eller andre analyseemner. Tjeklister kan bruges som et værktøj til at identificere og analysere farer og trusler for hvert delelement, der skal analyseres.

Eksempler på anvendelse ifm. vandforsyning:

- Sandsynlighed for en bestemt grad af forurening/forurening af vandkilden.
 - Sandsynlighed for en specifik fejl i behandlingssystemet, hvilket resulterer i, at forurenede vand kommer ind i distributionsnettet.
 - Sandsynlighed for, at en liter drikkevand ved hanen indeholder en bestemt parasit (det betyder, at forurenede vand leveres til forbrugeren).
 - Gennemsnitligt antal forbrugere, der får sundhedsskadelige virkninger forårsaget af drikkevand (på grund af en bestemt farlig hændelse).
- **ETA** (Event Tree Analysis) [M] skulle være den mest almindeligt anvendte metode til at analysere forløbet af en farlig hændelse fra påbegyndelse til de endelige konsekvenser. Den farlige hændelse, der tages i betragtning i en ETA, er i analysen ofte betegnet som den initierende hændelse. Et hændelsestræ er et logisk trædiagram, der starter fra den initierende hændelse og giver en systematisk dækning af tidssekvensen for hændelsesudbredelse til dens potentielle konsekvenser.
 - **FMEA** (Failure Modes and Effects Analysis) [L] og **FMECA** (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis) [L] er to varianter af en metode, som bruges til at identificere mulige fejltilstande/uønskede hændelser, der kan opstå som følge af komponentsvigt. Metoden identificerer årsagerne til svigtet og virkninger på et system, og den dækker foranstaltninger til at undgå eller reducere fejl. Et system kan være en software, hardware eller en proces. FMECA/FMECA kan også bruges til at identificere menneskelige svigttilstande og effekter. FMEA er baseret på følgende trinvis gennemgang:
 1. hvilke fejl eller fejltilstande, der kan opstå; "Fejltilstande" betyder måder, eller tilstande, hvorpå noget kan fejle. Fejl er enhver fejl eller defekt, især dem, der påvirker resultatet, og kan være potentielle eller faktiske.
 2. hvorfor de kan opstå og
 3. hvad konsekvenserne/effekten af disse fejl kan være. "Effektanalyse" refererer til at studere konsekvenserne af disse fejl.

FMEA starter fx med at beskrive et netværk og dets komponenter samt tilhørende funktion i systemet, og den slutter med at bestemme mulige årsager til de komponentsvigt, der kan resultere i uønskede hændelser/farer. Den slutter med at risikovurdere de enkelte fejl.

Fejl prioriteres efter, hvor alvorlige deres konsekvenser er, hvor ofte de opstår, og hvor let de kan opdages. Formålet med FMEA er at tage skridt til at eliminere eller reducere fejl, begyndende med de højest prioriterede. [2022 ASQ]

FMEA har sin oprindelse fra det amerikanske militær i 1940'erne. Siden er det også blevet brugt i fødevarerindustrien, men det primære skub kom i løbet af 1960'erne, hvor den første mand skulle sikkert til månen – og tilbage igen. Herefter begyndte Ford Motor Company at indføre FMEA-analyser i bilindustrien for at opfylde sikkerhedsmæssige og lovgivningsmæssige krav. I dag er metoden almindeligt anvendt i fremstillingsindustrien og er nu i stigende grad ved at finde sin plads i servicebranchen.

FMECA er en videreudvikling af FMEA og indeholder desuden "kritik kvalitetsanalysen", hvor fejltilstandene er rangeret i henhold til en kombination af fejltilstandens betydning og sandsynligheden for, at den pågældende fejltilstand faktisk opstår. Derved tages hensyn til, at ikke alle risikofaktorer har lige stor betydning.

Med baggrund i ovenstående er FMEA en kvalitativ teknik, mens FMECA kan være kvalitativ, semikvantitativ eller kvantitativ, afhængigt af typen af anvendte data.

- **FTA (Fault Tree Analysis) [H].** FTA et logisk og diagrambaseret værktøj og bruges især til kvantitativt at bestemme sandsynligheden for en kompleks sikkerhedsrisiko med henblik på at udvikle tiltag til at afbøde eller eliminere faren. Det er en top-down model af veje og unikke relationer i et system, der kan føre til en uønsket hændelse på topniveau. FTA stammer fra rumfartsindustrien og er derefter tilpasset atomkraftværk industrien og bruges nu også i den kemiske procesindustri, ligesom den ses anvendt ved vandforsyning. Det er fx velegnet til komponentanalyse for pumpestationer eller behandlingsanlæg (UV-desinfektion, filtrering osv.) i forhold til mulige fejl. Yderligere kunne det være for hele vandværket med henblik på at få et samlet overblik over måder, hvorpå dette system kan fejle. I [2014 Perez] er metoden nøjere belyst ift. vandforsyning, og det anføres at metoden har vist sig nyttig, da den hjælper til med at forstå systemets virkemåde og hvordan fejl kan ske. På den anden side kræver en god analyse en betydelig datamængde. Dette kan være udfordrende ved vand- og spildevandsværker, da data for det meste ikke er registreret.
- **HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) [L/M] er udviklet primært til drift af fødevarer virksomheder,** hvor den efterhånden har vundet stort indpas bl.a. ifm. eftervisning af at de lovgivningsmæssige krav overholdes. Også inden for medicinalindustrien og medicoteknik har den vundet udbredelse, men principperne kan også anvendes ifm. projektering og i anlægsfasen.

Principperne i HACCP er baseret på en trinvis gennemgang, hvor man

1. identificerer, hvad der kan gå galt - såkaldte risikofaktorer, (Gennemfør risikofaktoranalyse - find ud af hvad der kan gå galt, og identificer hvad der skal overvåges)
2. prioriterer disse risikofaktorer efter hvor stor sundhedsrisiko, der er forbundet med den enkelte risikofaktor (Operationaliser overvågningen og beskriv aktion ved overskridelse af vandkvalitetsmål), og
3. med baggrund i denne prioritering iværksætter såkaldte styrende foranstaltninger for at sikre at man i god tid, altså før det går galt, kan iværksætte såkaldte korrigerende

handling. Et vigtigt element i HACCP er, at man løbende dokumenterer dette arbejde, samt at man ved ændringer revurderer sine risikofaktorer og styrende foranstaltninger.

[2005 Bruun] har peget på anvendelse af metoden ifm. vandforsyning og beskriver på konceptniveau en metode til, hvordan man systematisk kan kortlægge, hvad der kan gå galt, samt beskrive hvilke forebyggende tiltag man foretager for at undgå noget går galt. HACCP handler altså ikke om at kontrollere kvaliteten, men om at styre kvaliteten. Formålet er at sikre både vandets kvalitet og sikkerheden for, at vandet altid lever op til den målsatte kvalitet. Begrebet styring er et nøgleelement i HACCP, først når man har defineret sin målsætning og formuleret sin politik for vandsikkerhed, kan man fastsætte konkret vandkvalitetsmål. Disse vandkvalitetsmål er sammen med målsætning og politik udgangspunkt for den efterfølgende HACCP- undersøgelse.

- **HAZID** (HAZard IDentification) [L/M]
[https://ddv.org/sites/default/files/risikovurdering_temadag_ddv_-_reduceret.pdf]
Hazard identification, risk assessment and risk control
There are three steps used to manage health and safety at work.
 - Spot the Hazard (Hazard Identification)
 - Assess the Risk (Risk Assessment)
 - Make the Changes (Risk Control)
- **HAZOP** (HAZard and OPerability) [M], der udover at understøtter fastlæggelse af farer og farlige hændelser på en grov måde estimere de relaterede risici; som grundlag for at identificere og implementere effektive risikoreduktionsmuligheder.
[2018 Temadag, Ødum] HAZOP (eng. HAZard and OPerability) er en analysemetode, der identificerer konsekvenserne af afvigelser i procesvariable (tryk, temperatur, flow osv.) og bestemmer deres betydning for anlæggets sikkerhed og drift. Metoden anvendes ofte ved kemiske procesanlæg og offshore-anlæg, men den kan også benyttes på andre systemer. Metoden anvendes til at identificere uønskede hændelser, der kan ske som konsekvens af ændringer i procesvariable, fx tryk, temperatur og flow.
Systemet gennemgås fx efter et procesdiagram. Alle driftsparametre undersøges for afvigelser fra den normale driftsværdi.
- **HRA** (Human Reliability Assessment) [H] der vurderer den menneskelige påvirkning af en proces, eksempelvis virkningen af menneskelige operatører, og kan bruges til at evaluere menneskelige fejlpåvirkninger på vandkvalitet og vandmængde i vandforsyningssystemet.
- **QMRA** (Quantitative Microbial Risk Assessment) [H], der er afledt af et kemisk risikovurderingsparadigme (QCRA) og omfattende fire grundlæggende elementer:
 1. En karakterisering af problemstillingen (systembeskrivelse), herunder identifikation af farer (patogener) og farlige hændelser.
 2. Eksponeringsvurdering (f.eks. hændelsens varighed, antal berørte forbrugere).
 3. Effektivitet (dosis-respons-kurver for specifikke patogener).
 4. Risikokarakterisering.

Principperne bag QMRA var inden [2009 TECHNIAUE] udviklet dels gennem et større beskrevet EU-projektarbejde, dels gennem WHO-forarbejder, som senere blev udmøntet i WHO's dokument "Quantitative Microbial Risk Assessment" fra 2016, se nærværende afsnit 3.5.

Metodesammenligning og -samspil (FMEA/FMECA eller HACCP)

I [2022 Murphy] er anført, at HACCP minder meget om de sektioner af FMEA, der beskæftiger sig med kundesikkerhed og krav fastsat af lovgivningen. FMEA går videre med at undersøge alle aspekter af kundekrav i detaljer. HACCP driver ekspertise inden for alle aspekter af fødevarerikkerhed. Om metodernes ophav anføres samtidig, at FMEA stammer fra luftfart/atomkraft/ militærindustrien, og at det blev vedtaget af NASA til rumprogrammet og senere migreret til bilindustrien, halvledere og industri mere bredt. Samtidig anføres, at også HACCP har sin oprindelse hos NASA. NASA var opsat på at sikre, at enhver mad indtaget af astronauter ikke ville gøre dem syge, selv en simpel sygdom kunne have alvorlige konsekvenser på en rummission. Da der ikke var noget formelt system på plads, der besvarede dette spørgsmål, blev i 1960'erne i samarbejde med firmaet parallelt udviklet HACCP til at garantere fødevarerikkerhed. Det spredte sig så senere bredt inkl. til WHO (World Health Organisation).

3.3 WHO's QMRA-metode og dens anvendelse

QMRA (Quantitative Microbial Risk Assessment: Application for Water Safety Management)

Verdenssundhedsorganisationen (WHO) har som omtalt i del 3, afsnit 4.1 udgivet en række retningslinjer med henblik på at sikre samfundet en tilfredsstillende vandkvalitet. I [2016 WHO Quantative risk] er givet detaljeret og omfattende vejledning angående QMRA (Quantitative Microbial Risk Assessment: Application for Water Safety Management).

I vejledningens indledende afsnit 2 er belyst forskellige metoder for risikovurdering spændende fra grundlæggende kvalitative vurdering ud fra overordnede skaler, jf. figur 3-1 - via semikvantitative analyser baseret på en differentiering eller rangordning af risici i væsentlige, usikre eller ubetydelige, som vist i figur 3-2 og med baggrund i en ekspertvurdering – til en egentlig kvantitativ dataanalyse mht. at vurdere de faktiske sundhedseffekter for mennesker, som følge af uønskede hændelser ved vandforsyningssystemet

		Severity or consequence				
		Insignificant or no impact - Rating: 1	Minor compliance impact - Rating: 2	Moderate aesthetic impact - Rating: 3	Major regulatory impact - Rating: 4	Catastrophic public health impact - Rating: 5
Likelihood or frequency	Almost certain / Once a day - Rating: 5	5	10	15	20	25
	Likely / Once a week - Rating: 4	4	8	12	16	20
	Moderate / Once a month - Rating: 3	3	6	9	12	15
	Unlikely / Once a year - Rating: 2	2	4	6	8	10
	Rare / Once every 5 years - Rating: 1	1	2	3	4	5
Risk score		<6	6-9	10-15	>15	
Risk rating		Low	Medium	High	Very high	

Kilde: [2016 WHO-Quantative risk]: Fig. 2.2 Semiquantitative risk matrix (Bartram et al., 2009)

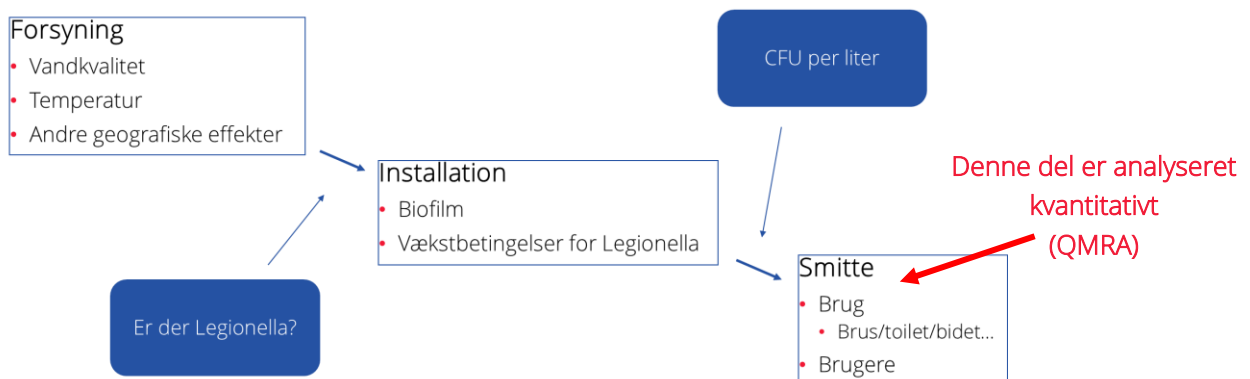
Figur 3-2 Eksempel på kvantitativ analyse baseret på rangordning af risici.

QMRA er et specifikt værktøj til risikovurdering af mikrobiologisk kvalitet af drikkevand og omfatter fire grundlæggende elementer:

- Problemformulering: En karakterisering af problemstillingen (systembeskrivelse), herunder identifikation af farer (patogener) og farlige hændelser.

- Eksponeringsvurdering: Størrelsen og hyppigheden af eksponering for hvert referencepatogen via den identificerede eksponerings vej(e) og farlige hændelser (fx hændelsens varighed, antal berørte personer).
- Effektvurdering: Dosis-respons-forhold (der forbinder eksponeringsdosis med sandsynligheden for infektion eller sygdom) og sandsynlighed for sygelighed og dødelighed (afhængigt af vurderingens sundhedsmæssige slutpunkt) fastlagt for hvert referencepatogen.
- Risikokarakterisering: Oplysningerne om eksponering og vurderingen af sundhedseffekter kombineres for at generere et kvantitativt risikomål.

Hvert trin i QMRA præsenteres detaljeret i dokumentet, og eksempler på anvendelse af QMRA til forvaltning af vandsikkerhed i forskellige sammenhænge og formål er givet i vejledningens kapitel 9 og casestudierne i bilag A. Anvendelse af QMRA i en legionella-sammenhæng er illustreret i figur 3-3.



Figur 3-3 Legionella håndtering i QMRA-sammenhæng.

QMRA-risikovurdering for armaturer og brusere

Med baggrund i at brusere via deres aerosoldannelse er en hyppig årsag til legionærsygdom er der i artiklen "Risk-based Critical Concentrations of *Legionella pneumophila* for Indoor Residential Water Uses" [2019 Hamilton] beskrevet en gennemført undersøgelse vha. QMRA. Eksemplet viser kompleksiteten og omfanget i metoden, og det vurderes, at den reelt kun er brugbar til meget konkrete problemstillinger, hvor man har særlige behov.

$$\text{dose}_{\text{fixture}} = C_{\text{Leg}} B t \sum_{i=1}^{10} C_{\text{aer},i} V_{\text{aer},i} \sum_{i=1}^{10} F_i D_i \quad (2)$$

where C_{Leg} = the concentration of *L. pneumophila* bacteria in water at the fixture; $C_{\text{aer},i}$ = the concentration of aerosols [#/ m^3] of diameter i where $i = 1:10 \mu\text{m}$, $V_{\text{aer},i}$ = the volume of aerosol for size bin i calculated as $V = (4/3)\pi (i/2 \times 10^{-6})^3$, P = the partitioning coefficient ($\text{CFU}/\text{L}^{-1}/\text{CFU m}^{-3}$); B = breathing rate (m^3/min), t = exposure duration (min); D = alveolar deposition efficiency of size i diameter aerosols; and F_i = the fraction of *L. pneumophila* that partitions to the applicable size diameter aerosols (either that reported in the data used to calculate the partitioning coefficient for faucets over a 1–8 μm diameter bin⁴⁴ or fractions reported by Allegra, et al.⁴⁰) (Table 2). Where data for aerosol size from a

2.4. Dose Response. The exponential dose–response model was used (eq 3).^{23,45} Exponential dose response model parameters for *L. pneumophila* infection are provided in Table 2.^{24,25}

$$P_{\text{inf,daily}} = 1 - e^{-rd} \quad (3)$$

where $P_{\text{inf,daily}}$ = daily probability of infection, d = daily dose, and r is a parameter of the exponential dose–response model.

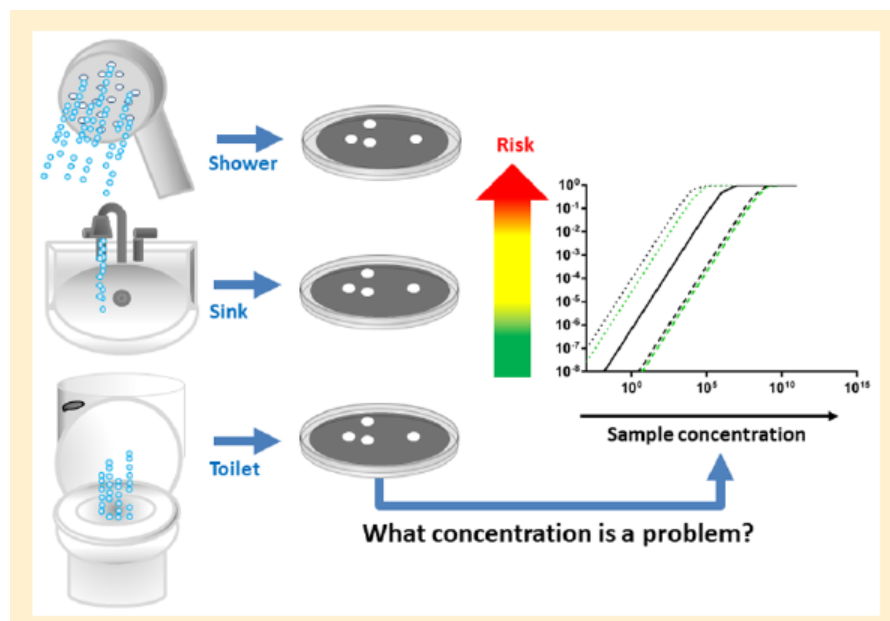
$$P_{\text{inf,ann,total}} = 1 - \prod_{j=1}^j (1 - P_{\text{inf,ann},j}) \quad (6)$$

where $P_{\text{inf,ann,total}}$ = the total annual risk incurred from exposure to a combination of j scenarios where j = faucet, toilet, or shower exposure.

Kilde: "Risk-based Critical Concentrations of *Legionella pneumophila* for Indoor Residential Water Uses" [2019 Hamilton]

Figur 3-4 Formelgrundlag for undersøgelse af armaturer og bruseres effekt på legionærsygdom.

Det benyttede formelgrundlag er anført i figur 3-4, og der er med afsæt i dette udregnet, at ved en årlig risikogrænse for legionellainfektion på 10^{-4} kan tillades en koncentration på $1,20 \times 10^3$ CFU pr. L som gennemsnit for blandede tapsteder, mens de kritiske koncentrationer for vandhaner, toiletter og brusere er hhv. $1,02 \times 10^5$, $8,59 \times 10^5$ og $1,40 \times 10^3$ CFU pr. L.



Kilde: "Risk-based Critical Concentrations of *Legionella pneumophila* for Indoor Residential Water Uses" [2019 Hamilton]

Figur 3-5 Illustration vedr. QMRA-metodens anvendelse ved fastlæggelse af grænser for CFU L/år.

3.4 Statistisk risikovurdering baseret på erfa-data

HOFOR-Fault Tree Analysis for mulig forurening af drikkevand i spildevandspumpestation

Med baggrund i en mulig risiko for forurening af drikkevand i en spildevandspumpestation fik HOFOR i 2013 gennemført en større, grundlæggende risikovurdering angående risikoen for tilbageføring af forurening til drikkevandsforsyningen fra vandinstallationer på de aktuelle spildevandspumpestationer.

Risikovurderingen, der tager afsæt i FTA (Fault Tree Analysis), viste en sandsynlighed for én forureningssag til 0,0003 hændelser for alle forsyningens pumpestationer set i en 100 års periode, hvilket blev holdt op mod et krav om max én hændelse per 100 år.

Risikovurderingen, der er omtalt i indlægget "Eksempel på større risikoanalyse for forurening af drikkevand fra spildevand hos HOFOR" ved legionellatemadag 2021 [2021 Legionellatemadag-Buhl], blev gennemført som en detaljeret analyse af alle relevante hændelser og omfattende:

- Identificering af hændelser og sammenfald af hændelser der kan give anledning til tilbageføring af forurening til drikkevandsforsyningen fra spildevandspumpestationer.
- Tiltag til minimering af sandsynlighed.
- Vurdering af sandsynlighed forekomsten af de identificerede hændelser.

Vurdering af sandsynligheden for de enkelte hændelser blev på grund af dels fravær af egentlige statistikdata gennemført via en workshop med deltagelse af en række eksperter, men der blev også suppleret op med måling med henblik på at fastlægge visse hændelsesforløb. Resultatet var en række risikovurderinger, som eksemplificeret i tabel 3-1 og sammenfattet i tabel 3-2.

EUDP-Legionellasikring – Delrapport4: Risikovurderinger og ressourcekonsekvenser

Hændelse	Beskrivelse	Sandsynlighed	Reducerende tiltag	Reduceret sandsynlighed (Se note)	Bemærkning
Slange på gulv + Tryksvigt	Tilbagesugning af vand gennem slange der ikke er rullet op efter brug. + Forekomst af vand på gulv.	Samlet sandsynlighed: $1,4*10^{-9}$ Slange på gulv: 1/10 Utæt tap ventil: 1/100 Funktion af TBS ventil: 1/100 Tryksvigt: $1,4*10^{-4}$	Tilsyn $\frac{1}{2}$ år af TBS ventil Instruktion af driftspersonale. "Rul slanger op".	Samlet sandsynlighed: $1,4*10^{-9}$ Slange på gulv: 1/10 Utæt tap ventil: 1/100 Funktion af TBS ventil: 1/100 Tryksvigt: $1,4*10^{-4}$	Reducerende tiltag er allerede gennemført
Slange i sump for kælderpumpe + Tryksvigt	Forurening ved tilbagesugning i slange der ikke er rullet op efter brug og som er efterladt i sump for kælderpumpe slange. + tryksvigt	Samlet sandsynlighed $1,4*10^{-8}$ Slange i sump for kælderpumpe: 1/100 Utæt tapventil: 1/100 Funktion af TBS ventil: 1/100 Tryksvigt: $1,4 *10^{-4}$	Rist på sumpe Afmontning af slanger Tilsyn $\frac{1}{2}$ år af TBS ventil Instruktion af driftspersonale. "Rul slanger op."	Samlet sandsynlighed $1,4*10^{-8}$ Slange i sump for kælderpumpe: 1/100 Utæt tapventil: 1/100 1/100 Tryksvigt: $1,4 *10^{-4}$	Riste vil kunne nedbringe sandsynlighed men er ikke udbredte i <u>XXXXXXS</u> stationer og kan vanskeligt udføres alle steder grundet lokale forhold.

Kilde: [2013 [2021 Temadagsindlæg 13]

Tabel 3-1 Eksempel på analyse og vurdering af risikobidrag ud fra workshop

Hændelse	Sandsynlighed:	Kilde:
Sandsynligheden for et tryksvigt på vandforsyningen på et tilfældigt stik	$1,4*10^{-4}$ Antal / (dag * pumpestation)	Statistisk materiale
Oversvømmelse af en tilfældig pumpestation pr år	1/200	Vurdering i panel
Oversvømmelse medfører dykning af TBS ventil	$\frac{1}{2}$	Vurdering i panel
Sandsynligheden for et tryksvigt på vandforsyningen på et tilfældigt stik et helt år	$5*10^{-2}$ Antal/(år*pumpestation)	Statistisk materiale
Ventil på tapsted er utæt	1/100	Vurdering i panel
Spuleslange efterlades på gulv	1/10	Vurdering i panel
.....		

Kilde: [2013 [2021 Temadagsindlæg 13]

Tabel 3-2 Eksempel på udredte del-sandsynligheder

Eksemplet viser at man ved særlige behov kan gennemføre en statistisk baseret risikoanalyse, men samtidig kan konstateres, at det dels kræver en større indsats at finde frem til de enkelte data, dels at der grundet manglende data ofte må gøres betydelige skøn.

3.5 Valg af metode for risikovurdering for *Legionella* i brugsvandsinstallationer

Fundamentale overvejelser ud fra forudsætninger og projektets sigte

Som det fremgår af del 1 – 3 er det udredte datagrundlag vedr. de influensparametre, der spiller ind i udvikling af *Legionella* i brugsvandsinstallationer, behæftet med betydelige mangler og usikkerheder, så vidt angående de nødvendige data for en komplet kvantitativ og statistisk baseret risikovurdering. Eksempelvis har der ikke kunnet udredes en entydig sammenhæng angående vandtemperatur, vandhastighed/-udskiftning og tidsforløb i udvikling af *Legionella* i brugsvandsinstallationen. Dog er der som anført i del 1 adskillige studier, der viser sammenhænge mellem temperaturer og koncentrationen af *legionella*.

Manglerne mht. grundlaget for influensparametrene underbygges også af fx lærebogen "Management of Legionella" [2020 Legionella Management], hvor der i kapitel 3 anføres: *Både sporing af sygdomsforekomst og overvågning af antallet af legionellabakterier i forskellige vandsystemer er fyldt med vanskeligheder. Disse vanskeligheder inkluderer at beslutte, hvem der skal teste, hvor og hvornår der skal tages prøver af miljøet, hvilke metoder der skal bruges, og hvordan dataene skal fortolkes.Det er stadig sådan, at information om legionærsygdom hovedsageligt stammer fra undersøgelser af anerkendte udbrud, som kun tegner sig for 4 procent af tilfældene i USA.*

Samtidig med dette er sigtet her at udvikle et risikovurderingsværktøj, jf. afsnit 2.3, som er beregnet på forholdsvis bred anvendelse. Af den forudgående udredning vedr. metoder for risikovurdering fremgik, at de metoder, som bygger på en kvantitativ og statistisk tilgang, jf. fx afsnit 3.5 og 3.6 er særdeles krævende og omfattende og ikke er egnede for et generelt værktøj til praktisk anvendelse på brugsvandsinstallationer.

Som følge heraf har sigtet derfor i høj grad været at finde frem til det grundværktøj, som har en vis eksisterende basis, så der kan bygges på et anerkendt og udviklet grundlag, og som samtidig giver mulighed for en trinvis udbygning i takt med at datagrundlaget forbedres. Det sidste refererer til, dels bedre datagrundlag angående de enkelte influensparametre og med basis i laboratorietest og anden research, dels at der gennem værktøjets anvendelse løbende opnås bedre indsigt i, hvordan forskellige fejltilstande i praksis kan inddrages.

FMEA/FMECA fundet bedst egnet som grundlag

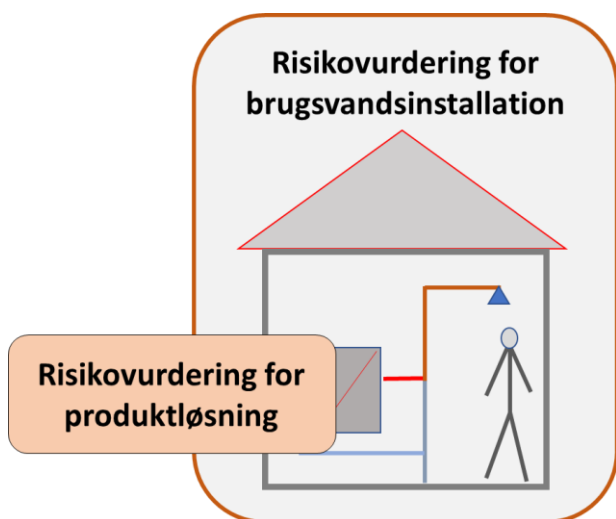
Blandt de udredte grundværktøjer fra det foregående er FMEA/FMECA fundet bedst egnet ud fra bl.a. at det:

- Har stor samfundsmæssig udbredelse og synes anvendt i beslægtede sammenhænge
- Giver mulighed for at tage afsæt i en "standardiseret" struktur, hvor der kan indgå funktionsmæssige forhold som tages hensyn til lovgivningsmæssige krav, det sidste evt. via inddragelse af HACCP
- Kan starte med en kvalitativ løsning (FMEA), som kan udvikles semikvantitativt og med statistiske datainput bl.a. gennem FMECA.
- Kan udbygges i takt med opnåelse af større indsigt i influensparametrenes betydning, såvel som i de installationsmæssige problemstillinger.

I afsnit 4 er udviklingen af dette værktøj beskrevet og baseret på en indledende gennemgang af forskellige brugsvandsinstallationer via en simplificeret løsning svarende til figur 3-1, mens afsnit 5 belyser metodens anvendelse og de influensparametre, der danner baggrund for de forskellige risikofaktorer.

3.6 Risikovurdering af produktløsninger for sikring af deres effekt og pålidelighed

For de udviklede produktløsninger for sikring mod *Legionella*, dvs. ved hhv. temperaturbehandling og biocidbehandling, er det vigtigt at sikre, at løsningerne er effektive og pålidelige, fx at en temperaturstyring ikke sætter ud pga. en termofølfejl, eller at en biocidløsning ikke er aktiv pga. styringsmæssige fejl. Derfor er der i fm. produktløsningernes udvikling og demo, jf. delrapport 5 og 6, gennemført risikovurdering for de enkelte løsninger, som illustreret i figur 3-6.



Figur 3-6 Risikovurdering for såvel brugsvandsinstallationen som for de enkelte produktløsninger for sikring mod *Legionella*.

Ifm. udvikling af de to producentløsninger blev valgt at foretage en indledende, traditionel risikovurdering, hvilket senere delvist blev ændret til en tilpasset FMEA-løsning, som illustreret i figur 3-7.

Område eller komponent	Korrekt funktion	Fejl funktions udfald	SEV Alvorlighed Sandsynlighed OCC	DIET Opdagelse RNP Niveau	Handling/forebyggelse	Ansvarlig	SEV	Sandsynlighed	DIET	RNP	Point 1-4	
							Alvorlighed	Sandsynlighed	Opdagelse	RNP	Point 1-4	
1 Doserings pumpe	1.1 Pumpe doserer den rigtige mængde	1.1.1 Pumpe doserer mere end den viser, fordi den har en intern fejl der betyder for høj Neuthox mængde i rør. Korrosion af rør og derved vandskader på bygninger og materiel. Rust udfældning/misfarvning af vand og lugt af klor.	7	2	8	112	Fabrikant	7	2	0	0	4
		1.1.2 Pumpe doserer mindre end den viser, fordi den har en intern fejl, der betyder for lav Neuthox mængde i rør. Vækst af biofilm i rør, risiko for infektion med legionella.	7	2	8	112	Fabrikant	7	2	0	0	4

Figur 3-7 Risikoanalyse tilpasset FMEA og ud fra gennemgang af produktløsning biocidbehandling

En egentlig statistisk vurdering af de enkelte produktløsninger, hvor datagrundlaget for de enkelte sensorer og målepunkter virker mere gennemskueligt end mht. de influensparametre, som spiller ind mht. udvikling af *Legionella* i brugsvandsinstallationen, blev drøftet som en naturlig, fremtidig opfølgning - og evt, baseret på en Fault Tree Analysis (FTA).

4 LEGIONELLA-RISIKOVURDERING MED AFSÆT I FMEA

4.1 Anvendelse af FMEA som grundlag for risikovurderingsværktøj for *Legionella*

Med udgangspunkt i valget af FMEA som grundlag for risikovurderingen, jf. afsnit 3.5, beskrives i dette afsnit udviklingen af en metode og et værktøj, betegnet "*LegionellaRisk*" med det mål at kunne foretage risikovurdering mht. *Legionella* i brugsvandsinstallationer.

Ved udvikling af metoden er primært taget afsæt i "Guide to Failure Mode and Effect Analysis – FMEA", Juran April 2, 2018 DMAIC Tools, Knowledge [2018 FMEA Juran], og selve programmet er udført i Excel.

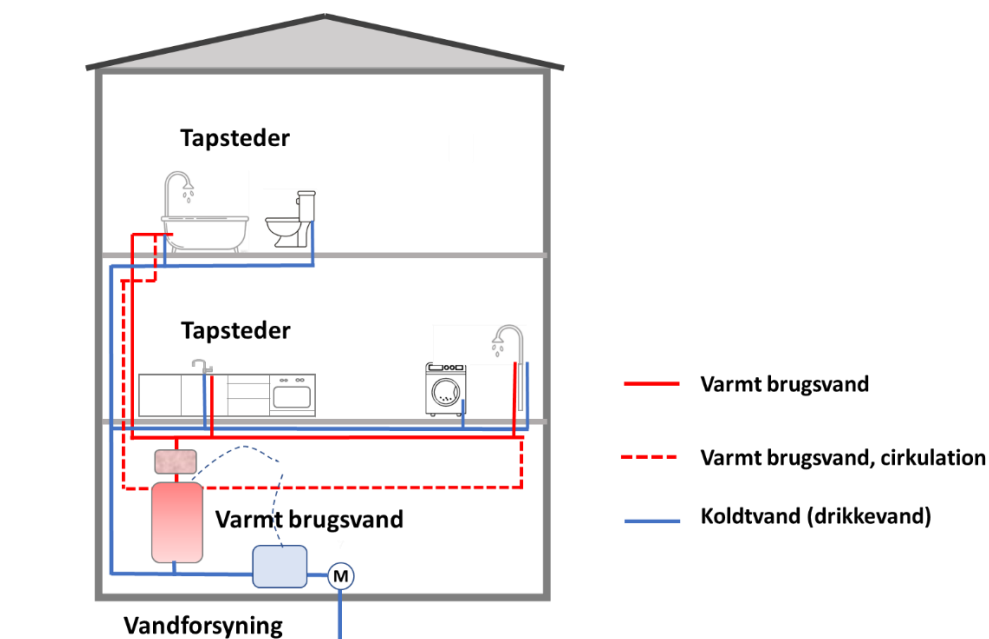
Formålet med metoden/værktøjet er i fortsættelse af afsnit 2.3 præciseret i:

1. Skal være et værktøj for gennemgang af en brugsvandsinstallation for legionella-risiko. Metoden skal udmøntes i et praktisk værktøj, der fungerer som en huskeliste/procedure for processen og sikre at alle relevante forhold og influensparametre tages med i betragtning.
2. Skal give en overordnet vurdering af installationens tilstand ift. *Legionella*. Resultatet skal tydeligt afbilde installationens tilstand – i så vid udstrækning som muligt kvantitativt – og den skal dermed gøre det klart om særlige tiltag til forebyggelse af legionellarisiko er relevante.
3. Skal kunne anvendes til at prioriterer relevante forbedringstiltag. Ved at sammenligne effekten af forskellige foreslåede tiltag skal det være muligt at foretage en prioritering, således at de mest effektive tiltag kan prioriteres. Samtidig skal der ved de forhold, som medfører den største risiko, kunne medtages forbedringer og dokumenteres effekt af forskellige tiltag. Hermed opnås en prioriteret liste over potentielle tiltag.
4. Skal kunne danne basis for kontrol med henblik på reduceret legionellarisiko. Metoden/værktøjet skal gøre det klart, om der som en del af den daglige drift med fordel kan indføres relevante kontrolprocedurer, herunder angive effekten af sådanne procedurer.

Metoden har sigte mod at give en risiko-rating for en given installation og er baseret på den bedste tilgængelige viden. Det ville være ideelt, hvis metoden for en given installation var i stand til at angive risikoen for legionellarelateret sygdom på kvantitativ form, fx "sandsynligheden er 1/100000 for sygdom per år". Dette er dog ikke muligt af flere årsager. Den første hovedårsag er manglende data: For mange af de relevante influensparametre er betydningen ikke kendt kvantitativt, men kun kvalitativt. Den anden hovedårsag er kompleksitet: Krydskoblingen mellem forskellige influensparametre kan være stor, og det vil kræve et betydeligt arbejde, der ikke er muligt i herværende projekt, at beskrive dette i en metode. Desuden ville en metode der kan beskrive sådan kompleksitet præcist ikke kunne anvendes bredt – det vil kræve et stort modelleringsarbejde og mange målinger at tilpasse den til hver enkel installation. Endelig vil det alt andet lige bygge på en teoretisk vurdering

Den udviklede FMEA-metode har betydelige ligheder med den mere almindelige risikomatrixmodel, men er udbygget og som nævnt i højere grad kvantitativ. Eksempler på ligheder er princippet med at alle risikoelementer skrives i en liste. For hver af elementerne angives ratings for sandsynlighed og konsekvens, og risiko-rating bestemmes ved at multiplicere sandsynlighed og konsekvensens. Den samlede risiko-rating findes som summen af ratings for alle elementer. De tilføjede udvidelserne gør det fx muligt for metoden at tage højde for effekten af kontrolprocedure og undersøge betydningen af nye tiltag.

4.2 Metode og værktøj med afsæt i FMEA (*Legionella*Risk)



Figur 4-1 Risikovurdering for *Legionella* via gennemgang af brugsvandsinstallationen.

Den grundlæggende ide bag metoden er, at installationerne gennemgås fra ende til anden, jf. figur 4-1. Under gennemgang identificeres for hver komponent de forhold eller risikofaktorer, som (jf. influensparametrene belyst i del 1 – 3) kan have indflydelse på forekomsten af *Legionella*.

En risikofaktor kan være en begivenhed, fx at fremløbstemperaturen for fjernvarme er mellem 50 – 60 °C. Det kan også være en bestemt indstilling, tilstand eller konstruktion: Er der døde ende? For hver risikofaktor fastlægges en risikoscore.

Overordnet følger risikovurderingsmetoden FMEA's følgende fire trin:

1. Alle risikofaktorer identificeres og oplystes, fx rækkevis. Dette sker på baggrund af en gennemgang af brugsvandsinstallationen og dens komponenter i kombination med de forekommende influensparametre for *Legionella*.
2. For hver risikofaktor bestemmes tre nøgleparametre:
 - a. Konsekvens (*C* for *consequency* – angives også med *S* for *severity* i FMEA), dvs. hvor alvorlig eller effektiv er den pågældende risikofaktor, hvis den forekommer.
 - b. Sandsynlighed (*P* for *probability*) for at den pågældende risikofaktor kan forekomme.
 - c. Detektion (*D* for *detektion*), dvs. er der en kontrolfunktion, som advarer eller forhindrer risikofaktoren i at forekomme i fht. brugeren. Det kan fx være alarm, som advarer brugeren mod at bruge vandet fra anlægget.
3. Risikoscore (*R* for *risk*) beregnes fra ovenstående tre nøgleparametre
4. Den totale risiko bestemmes som summen af risikoscorer for de individuelle risikofaktorer.

I afsnit 4.3 diskuteres metodens fire trin nøjere mht. projektets ønsker og valg. Med afsæt i metoden er der udviklet værktøjet *LegionellaRisk*, der er belyst i bilag 1. Værktøjet er udarbejdet i Excel for at sikre bred anvendelighed.

Værktøjets systematik ved gennemgang af en aktuell brugsvandsinstallation for legionellarisiko (fase 1) er illustreret i figur 4-2 og med følgende angivelser:

- "Delsystem" med system/komponentangivelse, dvs. brugsvandsinstallationen hovedkomponenter, og for hver komponent med vurdering af:
 - "Influensparametre" med forklaring og grænseværdier med afsæt i del 1 -3
 - "Konsekvensen" eller effekten af den pågældende risikofaktor gradueret fra 0 – 10 ($C = KONS$)
 - "Sandsynligheden" eller frekvensen, typisk gradueret fra 0 – 100 % ($P = SAN$) og kommenteret med mulig årsag
 - "Kontrol" med angivelse af procedure for evt. kontrol/detektering vedr. den pågældende risikofaktor ($D = DET$)
- Det fastlagte "Risikobidrag" ($R = RIS$) beregnet ud fra KONS, SAN og DET, som beskrevet i afsnit 4.3.

Delsystem	Influensparameter		Konsekvens		Sandsyn./frekvens/antal		Kontrol		Risiko-bidrag
	System/komponent	Parameter (vælg fra liste)	Værdi (vælg fra liste)	Potentiel effekt (kan overskrives)	KONS	Mulig årsag (vælg eller skriv)	SAN	Procedure (vælg eller skriv)	
		Hvilken værdi antage parameteren? (husk at angive konsekvens, hvis liste ikke benyttes)	Her angives effekt (autoudfyldes - kan overskrives)	Konsekvens (auto-udfyldes)	Årsag: Vælg fra liste eller skriv alternativ årsag Tilføj evt. forklaring	Hvor ofte sker det? (100% = altid)	Er der en procedure til at undgå konsekvensen?	Effektivitet	Risikobidrag
				0		100%		0%	0
Vandforsyning	Legionella	Legionella spp; Der er foretaget målinger og konstanteret Legionella	Legionella spp. observeres næsten altid	5		100%		0%	31
	Temperatur	0 - 20 °C; Temperaturen OK	Ingen vækst af farlige bakterier	0		100%		0%	0
				0		100%		0%	0
Koldtandsrør	Temperatur	0 - 20 °C; Temperaturen OK	Ingen vækst af farlige bakterier	0		100%		0%	0
	Temperatur	20 - 25 °C; Temperaturen på det kolde vand er for høj	Risiko for vækst af Legionella	5	Dårlig isolering	100%		0%	31
	Døde_ender	Død ende (kold); Død ende tilsluttet koldt vand, < 20 °C	0	0	24 stk. sjældent benyttede tappesteder ved skraldeskate	100%		0%	0

Figur 4-2 Risikovurderingsværktøjet med illustrering af indledende risikofaktor-gennemgang (fase 1).

Tilsvarende er i figur 4-3 vist den del af værktøjet, der behandler forbedringstiltag (fase 2) og med følgende angivelser:

- "Forslag til tiltag" med beskrivelse af mulige tiltag samt en vurdering af forbedringseffekten
- "Effekten af forbedringstiltaget" tydeliggjort gennem reviderede Influensparametre" med forklaring og grænseværdier med afsæt i del 1 – 3, samt den reviderede konsekvens (KONS), sandsynlighed (SAN) og kontrol (DET), og det reviderede risikobidrag (RIS).

Delsystem	Influensparameter	Forslag til tiltag		Effekt af tiltag			
		Tiltag (skriv el. vælg)	Ny parameterværdi (vælg fra liste)	KONS	SAN	DET	RIS
	Hvilken parameter undersøges?	Hvad kan gøres for at minimere konsekvens og/eller sandsynlighed?	Hvilken ny værdi antage parameteren? (husk at angive konsekvens, hvis liste ikke benyttes)	Konsekvens (auto-udfyldes, men kan overskrives)	SAN	DET	Risikobidrag
				0	1	0%	0
Vandforsyning	Legionella			0	1	0%	0
	Temperatur			0	1	0%	0

Figur 4-3 Risikovurderingsværktøjet med illustrering af den afsluttende forbedring (fase 2).

4.3 Diskussions af metodens fire trin mht. projektønsker og valg

Efterfølgende er de i afsnit 4.2 anførte 4 trin beskrevet:

Vedr. trin 1: Liste over risikofaktorer/influensparametre til gennemgang af installation

Listen med risikofaktorer fungerer både som en vigtig del af beregningsgrundlaget og som en huskeliste, når en konkret installation gennemgås. Det kræver en betydelig indsigt i både teoretiske og praktiske aspekter at udarbejde en liste over relevante risikofaktorer. Derfor er en huskeliste essentiel for at kunne lave ensartede, retvisende risikovurderinger.

Som anført i afsnit 4.2 er der her taget afsæt i gennemgang af brugsvandsinstallationen mht. dens komponenter og tilhørende influensfaktorer, som hver fastlægger en risikofaktor.

Vedr. trin 2: Fastlæggelse af de enkelte risikofaktorer ud fra influensparametrene

En central del af risikovurderingen er at fastlægge de enkelte risikofaktorer og med reference til influensparametrene. Et eksempel på dette kan være angivelsen af kravene til vandtemperaturen i en cirkulationskreds. I forbindelse med dette skal der yderligere bestemmes størrelsen af tre parametre: Konsekvens, sandsynlighed og detektion.

Konsekvensparameteren (C for *consequency*), og dens værdi angiver konsekvensen – eller mere præcist *alvorligheden* – af en tilstand eller et forhold. Ideelt set burde parameteren være direkte koblet til den resulterende legionellarisiko, men som tidligere nævnt er dette ikke muligt i praksis. I stedet er valgt en løsning, hvor forskellige værdier af influensparameter vurderes på en skala 0 – 10, hvor 0 svarer til "Ingen effekt" og 10 til "Meget alvorlig effekt". Princippet bag ratingen er angivet nedenfor.

Sandsynligheden (P for Probability) angiver sandsynligheden for at den givne influensparameter har en bestemt værdi. Sandsynlighederne angives direkte i procent, da de relevante sandsynligheder for en brugsvandsinstallation normalt være relativt store. (Dette er i modsætning til en typisk produktions-FMEA, hvor sandsynligheden for fejl normalt vil være lille – fra få procent helt ned til ppm-niveauet.)

Basisværdien for sandsynlighedsparameteren er $P = 1$ (dvs. $P = 100\%$), hvilket kan illustreres med influensparameteren "Komponenter". En mulig værdi er "Alle ønskede komponenter", en anden "Mangler reguleringsventil", og det er indlysende at enten mangler en reguleringsventil eller også gør den ikke – altså sandsynlighedsparameteren er enten 0 % eller 100 % (dvs. enten 0 eller 1).

Sandsynlighedsparameteren kan også anvendes til at angive et antal. Et eksempel kan være 2 døde ender, der angives med $P = 2$ ($2 = 200\%$). Alternativt kan sandsynlighedsparameteren bruges til at angive at værdien af en influensparameter varierer. Et eksempel på det sidste kan f.eks. være temperaturen i en cirkulationskreds som svinger mellem 45 – 50 °C i 95 % af tiden og 30 – 40 °C i 5 % af tiden, hvilket vil angives i to forskellige linjer med hhv. $P = 95\%$ og $P = 5\%$. Ligeledes kan et forhold der er til stede 1 time hvert døgn beskrives med $P = 1/24 = 0.042 = 4,2\%$.

Detektionsparameteren (D for Detection) hænger sammen med sandsynlighedsparameteren og beskriver sandsynligheden for at "et problem" bliver detekteret af en kontrolprocedure og at dette leder til en foranstaltning som modvirker den konsekvens, som der ellers ville have været.

Detektionsparameteren angives i procent og kan antage værdier fra 0 % (ingen detektion) til 100 % (altid detektion).

”Detektion”, hvor basisværdien er 0 %, kan illustreres med følgende eksempler.

- A) En loggerenhed måler fjernvarmetemperaturen og det kan ud fra det målte værdier bestemmes, at temperaturen er for lav. Konsekvensen er, at der eksisterer gode vækstbetingelser for mikroorganisme, herunder *Legionella*. I sig selv giver det ikke detektionseffektivitet, fordi der ikke er nogen procedure som afværger konsekvensen, dvs. $D = 0 \%$.
- B) En tilsvarende loggerenhed måler fjernvarmetemperaturen, men nu er der tilsluttet en kontrolenhed, som tænder for supplerende elvarme, når temperaturen bliver for lav. Konsekvensen er, at der *ikke* opstår gode vækstbetingelser for mikroorganisme, herunder *Legionella*. Fordi der nu er en procedure som afværger konsekvensen, bliver detektionseffektiviteten stor, fx $D = 100 \%$, hvis der ses bort fra systemfejl mm.

Vedr. trin 3: Risikoscore relateret til den enkelte influensparameter og med eksponentiel fordeling

For hver risikofaktor (i) skal der beregnes den resulterende indvirkning i form af en risikoscore R_i . Den beregnes ud fra Konsekvens-rating (C), Sandsynlighed (P), og Detektion (D). Valget af metoden til at foretage denne beregning er ikke trivielt og vil have signifikant indflydelse på det endelige resultat.

Ved at angive Sandsynlighed og Detektion direkte, gøres beregningerne lettere, modsat Konsekvens som angives som en rating. Forsimplet kan det siges, at den resulterende sandsynlighed – eller forekomst – bestemmes som den angivne Sandsynlighed minus Detektion. Matematisk udtrykkes dette ved:

$$P \times (1 - D). \quad (1)$$

Hvis fx $P = 50 \%$ og $D = 90 \%$ bliver den resulterende sandsynlighed:

$$0.5 \times (1 - 0.9) = 0.05 = 5 \%. \quad (2)$$

Modsat dette kan Konsekvens ikke medtages direkte af to årsager. Den første er at det ville give et dynamiske område¹ som var meget begrænset, med den mest alvorlige influens ($C = 10$) værende kun 10x mere signifikant en den mindst alvorlige ($C = 1$). Den anden årsag er at Sandsynlighed og Konsekvens ville blive vægtet lige meget, så 10 nærmest ubetydelige forhold ($P = 10, C = 1$) ville blive vægtet lige så meget som et ekstremt alvorligt forhold ($P = 1, C = 10$), hvilket ikke er fysisk realistisk. Begge problemer løses ved at anvende en eksponentiel vægtning af Konsekvens. Dette kan matematisk skrives som:

$$R = P \times (1 - D) \times (e^{k \cdot C} - 1). \quad (3)$$

Den eksponentielle vægtning af Konsekvens er angivet som $(e^{k \cdot C} - 1)$ i stedet for bare $(e^{k \cdot C})$; det er for at sikre, at $C = 0$ (dvs. en konsekvens rated 0) ikke giver noget bidrag til risikoscoren. Dette er vigtigt, fordi metodens liste til gennemgang af en installation kan indeholde mange influensparametre, som ikke er relevante i det specifikke tilfælde. k er en metodeparameter, som er valgt sådan at $C = 10$ giver en konsekvensscore på 1000. Metodens modelligning kan alternativt omskrives til:

$$R = P \times (1 - D) \times (1,995^C - 1) \approx P \times (1 - D) \times (2^C - 1) \quad (4)$$

(approximationen anvendes ikke i værktøjet).

Den resulterende risiko-rating for C -værdier fra 0 – 10 er angivet den efterfølgende tabel 4-1.

¹ Det dynamiske område anvendes her som forholdet mellem minimum og maksimum.

Modelligningen løser begge problemer nævnt ovenfor. Således er det dynamiske område udvidet og udgør nu x1000. Sandsynlighed vægtes også meget lavere end Konsekvens, så 10 nærmest ubetydelige forhold ($P = 10, C = 1$) ville blive vægtes x100 mindre end et ekstremt alvorligt forhold ($P = 1, C = 10$).

Det ses at risikoscoren ca. fordobles for hvert trin (på nær de allerlaveste). Dette betyder altså, at hvert trin op ad skalaen giver ca. samme relative stigning i risikoscoren. Det er overensstemmelse med den måde vi normalt naturligt vil bedømme en konsekvens på.

Risiko-rating, C (0 – 10)	P	D	Beskrivelse	Risiko-score	Relative ændring af risikoscore
0	100 %	0	Ingen effekt / Intet at bemærke (IAB)	0	
1	100 %	0		1	
2	100 %	0	Lille Tendens	3	x 3,0
3	100 %	0		7	x 2,3
4	100 %	0	Tydelig tendens	15	x 2,1
5	100 %	0		31	x 2,1
6	100 %	0	Betydelig effekt	62	x 2,0
7	100 %	0		125	x 2,0
8	100 %	0	Alvorlig effekt	250	x 2,0
9	100 %	0		501	x 2,0
10	100 %	0	Meget alvorlig effekt	1000	x 2,0
7	4	50 %		250	(se tekst)

Tallene i tabellen angiver beregnede risikoscorer for forskellige værdier af Konsekvens, C . Desuden indeholder den en beskrivelse af betydningen af de forskellige værdier af Konsekvens, C .

Tabel 4-1 Risikoscoren for forskellige værdier af konsekvens er eksponentielt fordelt.

Vedr. trin 4: Beregning af den totale risikoscore i grundmetoden

I grundmetoden beregnes den totale risikoscore, R_{tot} , som en sum af risikoscorerne R_i relateret til den enkelte influensparameter i . Hvis der er k influensparametre udtrykkes dette matematisk med

$$R_{tot} = R_1 + R_2 + \dots + R_k \quad (5)$$

eller

$$R_{tot} = \sum_{i=1}^k R_i. \quad (6)$$

Den simple vurderingsmetode gør det muligt at følge udviklingen for en konkret brugsvandsinstallation. For samtidigt objektivt at kunne sammenligne forskellige brugsvandsinstallationers sikkerhed mod *Legionella* er det vigtigt, at risikoscoren håndteres ensartet, se afsnit 4.5.

4.4 Hensyntagen til influensparametrene usikkerhed

Metoden beskrevet i afsnit 4-3 kan udvides til også at kunne beskrive usikkerhed forbundet med dens inputvariable. Vurderingen af en sandsynlighed eller en konsekvens er nemlig typisk forbundet med en vis usikkerhed.

Et eksempel kunne være en sandsynlighed, P , som bedømmes til at være mellem 20 % og 40 %. Ud fra det bestemmes den mest sandsynlige værdi som middelværdien,

$$P = \frac{P_{min} + P_{max}}{2} = \frac{20 \% + 40 \%}{2} = 30 \% = 0,30. \quad (7)$$

Den tilhørende standardusikkerhed bestemmes som

$$u(P) = \frac{P_{max} - P_{min}}{2} = \frac{40 \% - 20 \%}{2} = 10 \% = 0,10. \quad (8)$$

Resultatet i eksemplet bliver derfor at

$$P = 0,30 \pm 0,10. \quad (9)$$

I *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* [2020 GUM] giver BIPM - the international organization established by the Metre Convention anvisninger til hvordan usikkerhederne på sandsynlighed og konsekvens skal kombineres. Resultatet er:

$$u(R) = \sqrt{\left(\frac{\partial R}{\partial P} \cdot u(P)\right)^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial C} \cdot u(C)\right)^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial D} \cdot u(D)\right)^2}. \quad (10)$$

Usikkerhedsberegningen er inkluderet i den udviklede metode, men er på nuværende tidspunkt skjult i skabelonen for at mindske kompleksiteten. Den kan evt. ved en senere udbygning aktiveres.

4.5 Alternative og parallelle vurderingskriterier

Den grundlæggende installationsgennemgang baseret på FMEA og uafhængige risikofaktorer

Den valgte FMEA-metode beskrevet i afsnit 4.2 – 4.4 med vurdering af uafhængige risikofaktorer og med ren summering af de tilhørende scorer giver en forsimpning, som gør det praktisk muligt at anvende metoden på et betydeligt antal brugsvandsinstallationer. Dette er nærmere belyst i det efterfølgende afsnit 5, ligesom alternative beregningsmodeller til ren summering for den samlede score er diskuteret.

Parallelle/supplerende samt betingede vurderingskriterier

Ofte er det muligt at få flere supplerende eller parallelle vurderinger for en brugsvandsinstallation. Dette kan fx være supplerende vurderinger som:

- Resultaterne af gennemførte vandprøver vedr. evt. indhold af *Legionella*
- Vurdering af brugsvandsinstallationen ud fra bygningens og installationens alder og sammenholdelse med en aldersmæssig statistik over tilstanden af forskellige bygnings- og installationstyper.

Disse vurderinger kan være særdeles informative vedr. brugsvandsinstallationen, men indgår typisk ikke i den beregnede score fundet ved den detaljerede gennemgang af brugsvands-installationen.

Der er også visse betingende vurderingskriterier, der bør holdes separate, fx:

- Ved opvarmning af brugsvandet med fjernvarme eller via varmepumpe vil vandtemperaturen være betinget af, at den indkommende temperatur/effekt er tilstrækkelig, uanset hvor

god og effektiv selve brugsvandsinstallationens virke er. Det er derfor væsentligt at det fremgår klart, at det fx er fjernvarmetemperaturen, som er problemet.

- Er der etableret overordnet overvågning og alarmering af beboerne som sikring mod at brugsvandsinstallationen ikke driftsmæssigt er legionellasikret, så vil dette betinge at en problemfyldt installation ikke får de fulde uheldige følger.

De ovennævnte vurderinger er sammenfattet i tabel 4-2 og er for udvalgte præciseret i afsnit 5.

	Risikovurderingsfaktorer	Eksempel	Kommentarer
"FMEA-basis" med detailvurdering af installationen og dens komponenter	Med sammenhængende, ensartet og uafhængig betydning for den samlede risiko Samlet risiko fastlagt ved addition - og evt. relativt (gns. for de omfattede faktorer)	Vurdering af den samlede brugsvandsinstallation på baggrund af gennemgang af komponenter og influensfaktorer	Legionellas afhængighed af eksempelvis både vandtemperatur og strømningsforhold er indregnet via addition af de enkelte risikoscorer.
Parallele, uafhængige vurderinger	Med uafhængig vurdering af de parallelle risikovurderinger og evt. sammenholdelse med en gennemsnitsværdi for FMEA-basis.	Eksempler: 1) Vurdering af risikoen for <i>Legionella</i> ud fra bygningens og installationens alder sammenholdt med statistikdata (forudsætter statistikdata for større bygningsmasse), 2) Vurdering ud fra prøveudtagning og test af <i>Legionella</i> (forudsætter udtagne vandprøver og gennemførte test inden for rimelig tidsramme).	Indgår selvstændigt i vurdering og parallelt med detailvurdering af installationen ("FMEA-basis").
Koblede, afhængige vurderinger	Hvor resultatet af en risikofaktor er fuldt bestemmende for resultatet af den anden	Eksempler: 1) Vurdering af om fjernvarmetemperaturen er tilstrækkelig for at brugsvandsinstallationen kan opfylde kravene (forudsætter måling af indgangstemperaturen for fjernvarme og hensyntagen til forsinkelser grundet stikledning) 2) Vurdering af alarmering og nedlukning (forudsætter vurdering af, i hvilket omfang dette påvirker sikkerheden for brugerne).	Indgår selvstændigt i vurdering, MEN er koblede med detailvurdering af brugsvandsinstallationen ("FMEA-basis").

Tabel 4-2 Alternative og parallelle vurderingskriterier for brugsvandsinstallation ift. FMEA.

Supplerende vurderingskriterier for afhængige risikofaktorer evt. håndteret via FMECA

I det foregående er forudsat uafhængige risikofaktorer, men virkeligheden er der imidlertid ofte koblinger mellem de forskellige influensparametre, selv om de som beskrevet i afsnit 3.5 kan være vanskelige at udrede. Eksempelvis må der være et vist naturligt sammenspil mellem vandtemperaturen og vandudskiftning/vandhastighed i forhold til legionellaudvikling, men her er det dog ikke umiddelbart muligt at finde udredte sammenhænge/formel-grundlag. Gælder det fx en manglende lagdeling i en beholder, så er det væsentligt og afgørende ved hvilket temperaturniveau, det sker ved. Tilsvarende er det af betydning, hvor mange der udsættes for den konkrete installation (enfamilie hus, beboelsesejendom, offentligt tilgængeligt anlæg), ligesom det ved vurdering af tilstedeværelse af *Legionella* har betydning, hvor virulent den pågældende stamme er.

Disse sammenhænge kan der evt. tages højde for via videreudvikling til en FMECA-metode, hvor der kan indlægges fx booleske operatører, dvs. (OG, ELLER, IKKE eller OG IKKE) som konjunktioner til at kombinere eller udelukke risikofaktorer/influensparametre, eller ved at de vægtes indbyrdes.

Legionella i brugsvandet kan lettere få alvorlige følger mht. legionærsygdom, såfremt det drejer sig om ældre og personer svækket af anden sygdom. Derfor kan det være relevant at skærpe kravene for fx ældreboliger, plejehjem og sygehuse. Dette kan evt. ske gennem en multiplikationsfaktor, som skærper kravene i standardmetoden svarende til forholdet mellem risikoen for legionærsygdom. Alternativt kan der tages højde for dette, når risikoscoren betydning vurderes.

5 RISIKOVURDERINGSMETODENS ANVENDELSE OG RISIKOFAKTORER

5.1 Risikovurderingsmetoden med tilhørende influensparametre og risikofaktorer

Basisgennemgang af brugsvandsinstallationen og dens komponenter via *LegionellaRisk*

I dette afsnit er proceduren beskrevet for den praktiske gennemførelse af en risikovurdering med anvendelse af det i afsnit 4 udviklede og i bilag 1 præsenterede program "*LegionellaRisk*". Desuden er der foretaget en videre udredning og beskrivelse af de enkelte influensparametre mulige indflydelse, og som begrundet kriterierne for de risikofaktorer, der er udmøntet i en række vurderingstabeller. Her tages afsæt i den i del 1 – 3 beskrevne udredning, herunder de i del 3, afsnit 5 anførte konklusioner. Dette er sket ved enten at henvise til de pågældende afsnit, eller ved at tydeliggøre konkrete standarder, vejledninger mv., evt. suppleret med angivelse af den aktuelle tekst.

Forudsætningerne ang. gennemførelse af en risikovurdering for en konkret brugsvandsinstallation

Der forudsættes gennemgang af installationen ved en teknisk kyndig og erfaren tekniker/ingeniør i samarbejde med den lokalt serviceansvarlige for anlægget, fx vicevært eller tilknyttet driftsansvarlig. Der forudsættes samtidig tilstedeværelse af en vis dokumentation vedr. brugsvandsinstallationen, herunder:

- Principtegning for installationen med angivelse af komponenter og specifikationer
- Måledata fra den løbende overvågning, herunder for væsentlige temperatur, tryk og strømningsforhold
- Supplerende måledata on site for kontrol af de medtagne data, eller som erstatning for disse. Der forudsættes gennemført min. én kontrolmåling afhængigt af, i hvilket omfang de løbende målinger vurderes repræsentative.

Proceduren for gennemførelse af en risikovurdering for en konkret brugsvandsinstallation

De forskellige faser og trin:

Fase 1: Vurdering af den aktuelle brugsvandsinstallation (Start):

- 1) Fremdrag hovedoplysningerne vedr. brugsvandsinstallationen inkl. diverse tegninger
- 2) Fastlæg brugsvandsinstallationen og dens hovedelementer/komponenter med afsæt i principtegning med angivelse af komponenter mv.
- 3) Fastlæg karakteristiske materialer, isolering, temperaturer, strømningsforhold, vandkvalitet mv., som er væsentlige for bedømmelsen af risikoen for *Legionella*.
- 4) Gennemgå installationens forskellige elementer ud fra risikovurderingsværktøjet og med vurdering af de enkelte influensparametre, inkl. indføj bemærkninger i de relevante felter for kommentering. Vurder efterfølgende den af værktøjet fastlagte konsekvens, sandsynlighed og kontrol, samt juster efter behov i de indmeldte indtastningsfelter samt fastlæg risikobidraget.
- 5) Fastlæg den totale risikoscore fra installationsgennemgangen og sammenhold evt. med score for risikovurdering fastlagt ud fra overordnede forhold, se pkt. 6.
- 6) Suppler med bedømmelse af brugsvandsinstallationen og dens data ud fra evt. parallelle vurderingskriterier, herunder fx gennemførte test for *Legionella*.

Fase 2: Vurdering af forbedringstiltag for brugsvandsinstallation (Forbedringstiltag):

- Angiv forbedringstiltag for relevante risikofaktorer og gennemløb fase 1, trin 2 – 6, hvor der for trin 2 indføres evt. nye elementer, fx et biocidanlæg, samt for de efterfølgende trin korrigeres ud fra konsekvenserne af forbedringstiltagene.

Ad trin 3): Brugsvandets temperatur er meget central for bedømmelsen af brugsvandsinstallationen, og den kan variere meget afhængig af tid og sted i installationen, fx:

- Usikkerhed om den aktuelt aflæste temperatur, da forbrug og andre forhold kan variere meget over døgnet.
- Forkert indstillede cirkulationsventiler, eller direkte forkerte eller manglende cirkulationsventiler, der kan betyde at aflæste temperatur i varmecentralen ikke er i overensstemmelse med de temperaturer, der er i hele anlægget.

Det er derfor væsentligt, at de temperaturer, der indgår i vurderingen, dækker et repræsentativt tidsforløb, eller det må påpeges, at vurderingen kun gælder driftssituationer svarende til den aktuelt forekommende, og eksempelvis ikke ferieperioder. Indgår alene målte korttidsværdier må de kritiske temperaturer, flow mv. skønnes ud fra dette. Er der i basisinstallationen etableret – eller vurderes forbedringstiltag i form af kontrol- og reguleringsanordninger, fx el-booster (jf. del 5) eller biocid (jf. del 6), har dette betydning for den kritiske temperatur og må inddrages.

Tilsvarende gælder til en vis grad også for vurdering af vandudskiftning og strømningsforhold.

Risikofaktorenes fastlæggelse for brugsvandsinstallationen og udmøntning i vurderingstabeller

Grundlaget for fastlæggelse af risikofaktorerne er med afsæt i del 1 – 3 sammenfattet i tabel 5-1, og er for de enkelte komponenter og risikofaktorer tydeliggjort i afsnit 5.2 – 5.8. Disse beskrivelser leder frem til de valgte kriterier/vurderingstabeller anført i bilag 2. Vurderingstabellerne for den grundlæggende gennemgang af brugsvandsinstallationen er præciseret og fremhævet med blå tekst på grå baggrund, fx [Vurderingstabel "6C Vandudskiftning-Ledninger i drift"](#). 6-tallet refererer til det underafsnit 5.6, hvor influensen er udredt, mens bogstavet er valgt alfabetisk.

Det skal endvidere bemærkes, at de i bilag 2 beskrevne tabeller er rettet mod at dække de væsentligste forhold i en gennemgang af en brugsvandsinstallation, jf. beskrivelsen i afsnit 5.2 og tabel 5.2. I takt med det samlede værktøjs anvendelse og indhentning af erfaring kan vurderingstabellerne med tiden forbedres og evt. yderligere differentieres.

Vurdering af risikoen fra de enkelte risikofaktorer og for den samlede brugsvandsinstallation

Såfremt risikofaktoren ikke bevirker en risiko for brugsvandsinstallationen, fx fordi der slet ikke findes døde ender, bevirker det en risikoscore på "0". Er der meget stor risiko forbundet med den pågældende risikofaktor kan der afhængig af risikofaktoren, jf. afsnit 4.2, fremkomme en maksimal risikoscore på "1000". Den resulterende risikoscore for en risikofaktor er derfor et divideret med 10 en slags udtryk for risikoen i pct.

Risikoscoren "1000" fremkommer ud fra bidrag fra en største Konsekvens = 10, en største Sandsynlighed(C) = 10 og en Kontrol (P) = 10 svarende til, at der ikke findes nogen speciel procedure (0 pct.) for at undgå hændelsen, idet afsættet er de faktisk konstaterede målinger og tilhørende vurderinger.

HOVED- INFLUENSPARAMETRE	Reference og resultat Delrapport med kapitel- /afsnitsangivelse				Kommentarer ang. risiko	Risikovurdering
	Del 1 ➔	Del 2 ➔	Del 3 ➔	Del 4- værktøj		
Installationstype (design, kompleksitet og effektivitet)		(6)	2, 5	5.2	Installationens princip, opbygning og opvarmning (fjernvarme, varmepumper mv.), uden/-med cirkulation, kompleksitet og indregulering	Parametre ved basisvurdering af brugsvandsinstallationen
Materialer og isolering (rør og andre komponenter)	2	(6)	2, 5	5.3	De overflader, der har berøring med vandet, og hvor fx ruhed, organiske materialer mv. kan spille ind. Isolering for varmt-/koldtvandsledning	
Vandkvalitet og vandbehandling (det tilførte drikkevand og brugsvandet)	2 5 7	4	2, 5	5.4	Vandkvalitetens evt. betydning for <i>Legionella</i> , herunder evt. forebyggende vandbehandling med blødgøring, biocid eller temperatur.	
Vandtemperaturen og legionellasikring (drikkevandet og brugsvandet)	3 5 7	5	2, 5	5.5	Temperaturforholdene, samt evt. forebyggende temperaturbehandling/desinfektion	
Vandets strømning og tryk (brugsvandet)	4		2, 5	5.6	Vandhastighed, -udskiftning (døde ender) mv.	
Styring og overvågning (grundlag for måling, regulering, styring og overvågning)	2 7		5	5.7	Vedrører måling, regulering og styring af de forskellige parametre inkl. overvågning.	
Tapning (bruser, blandearmatur etc.)	6		(2,5)	5.8	Har stor betydning for den afsluttende vej fra vand til menneske, men indgår grundet projektets afgrænsning kun med en overordnet bedømmelse i risikovurderingen	Tapsted
Legionella-prøver og test	(1)		(5)	5.4	Legionelletestresultater fra udtagne vandprøver (konstateret forekomst ift. CFU/L-krav, type mv.)	Parallele vurderinger
Fjernvarmetemperatur		5	5	5,5	Vurdering af fjernvarme eller varmepumpetemperatur mht. om den kan levere det nødvendige til brugsvandsinstallationen.	

Tabel 5-1 Hovedinfluensparametre og deres fagligt reference (med afsæt i del 1, tabel 1-1)

Særlige foranstaltninger for at undgå at en tilstand fremkommer, eksempelvis anvendelsen af legionellasikring i form af temperatur eller biocid behandling, er for at lette anvendelse af værktøjet medtaget som dels en bedømmelse af anlæggets virke, dels ifm. bedømmelse af konsekvenserne for temperaturen, jf. hhv. afsnit 5.4 og 5.5.

Ved vurdering af den samlede risikoscore summeres de enkelte bidrag, dvs. at ved brugsvandsinstallation, der fejler for alle vurderede risikofaktorer (N) vil den maksimale score blive $N \times 1000$. For objektivt at kunne sammenligne forskellige brugsvandsinstallationer er det derfor væsentligt, at alle relevante risikofaktorer er bedømt, samt at det ved varierende antal gælder, at de ekstra risikofaktorer er et udtryk for, at brugsvandsinstallationen grundet tilføjelse af ekstra komponenter omfatter flere risici.

Som anført i afsnit 5.2 har tapstedet stor betydning for evt. dannelse af *Legionella*, men dels indgår det ikke som specifikt vurderingspunkt i projektet, dels vil vurderingerne for etageejendom med mange boliger kræve gennemgang af hver af disse for at kunne give en samlet objektiv vurdering. Derfor er det i risikosummen holdt separat.

For at tydeliggøre brugsvandsinstallationens samlede risiko er der i bilag 3 suppleret med en vanlig fra "grøn" (meget sikker ift. tilstedeværelse af *Legionella*) til "rød" (meget risikabel ift. tilstedeværelse af *Legionella*) farveangivelse, hvorimod de enkelte risikofaktorer alene bedømmes ved deres risikoscore.

Inddragelse af parallelle og betingede risikovurderingskriterier

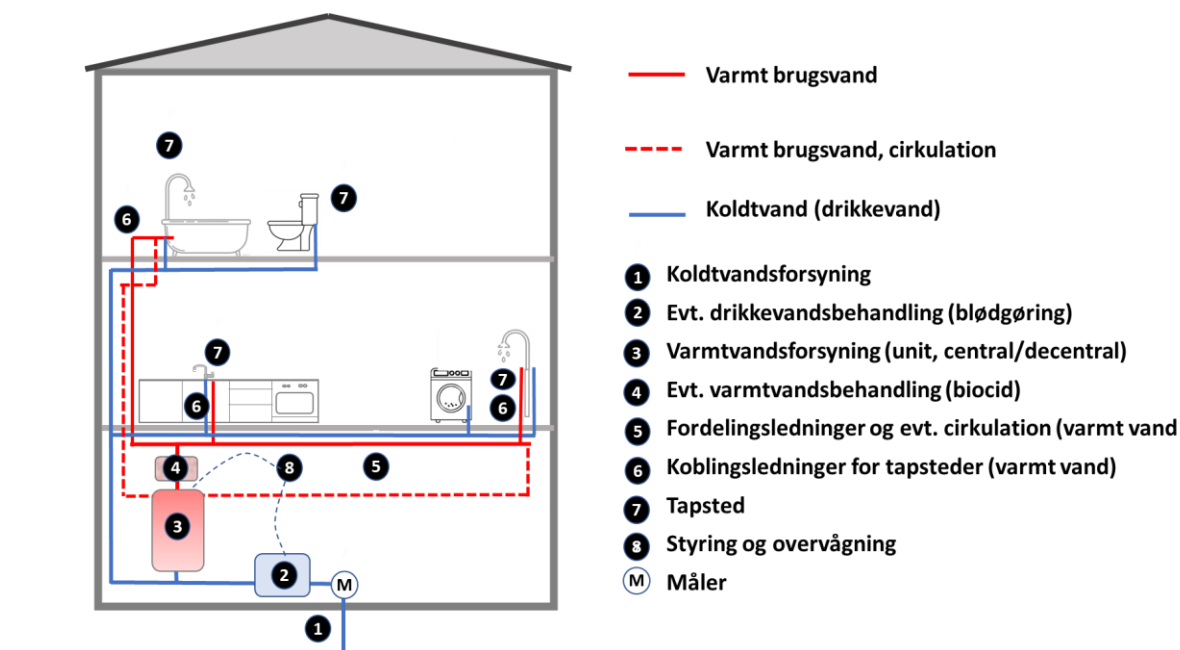
Som beskrevet i afsnit 4.5 kan det udover de nævnte kriterier være relevant at inddrage andre væsentlige forhold med betydningen for udbredelse af *Legionella* til personer. De medtagne parallelle og betingede risikovurderingskriterier fremgår nederst i tabel 5-1 ("Legionella-prøver og test" samt "Fjernvarmetemperaturen"), og de tilhørende vurderingstabeller er ligeledes udredt ud fra de enkelte afsnit 5.2 – 5.8, men præciseret og fremhævet med sort tekst på grå baggrund, fx **Vurderingstabel "5F Fjernvarmetemperaturen"**. "5"-tallet refererer til det underafsnit 5.5, hvor influensen er udredt, mens bogstavet her er valgt ud fra anvendelsen, fx "F" for vurdering af fjernvarmetemperatur.

Vurdering af den overordnede risiko for overføring af *Legionella* til personer ud fra en valgt varslings, herunder om driftsansvarlig og beboere er informeret ved overskridelse af grænseværdier, eller om installationen er sat i stå ved overskridelse af grænse, kan evt. senere inddrages her.

Ved bedømmelsen af brugsvandsinstallationens risiko i bilag 3 er der her ligeledes indført en farvegraduering, jf. bilag 3.

5.2 Gennemgang af brugsvandsinstallationen og dens komponenter

Figur 5-1 illustrerer en bygning med dens brugsvandsinstallation og hovedkomponenter, som i forskellig grad spiller ind i fm. vurdering af installationens legionellasikring.



Figur 5-1 Brugsvandsinstallationen for varmt og koldt vand

I tabel 5-2 er anført installationens hovedkomponenter (vandforsyning, koldt vandsbehandling etc.) suppleret med de influensparametre, der primært har betydning for og indgår, ligesom der er refereret til vurderingstabellerne (2A, 2B etc.) udredt via afsnit 5.2 – 5.8 og fastlagt i bilag 2. Nogle af influensparametrene indgår flere gange, da eksempelvis rørmaterialer og isolering kan variere fra fordelingsledninger til koblingsledninger, mens andre er forskellige eksempelvis er det temperaturmæssige for koblingsledninger erstattet af kravet til maksimale rørlængder, som fastlagt i standarder mv.

Overordnet vurdering af brugsvandsinstallationen

Udgangspunktet for vurdering af brugsvandsinstallationen, dens komponenter og virke er, at den opfylder de krav, der fremgår af Bygningsreglementet (BR) og de forskellige anvisninger beskrevet i del 3, afsnit 2. Endvidere at der er opmærksomhed på de supplerende forhold, som er udredt og beskrevet i del 3, afsnit 5.

For brugsvandsinstallationen som helhed er det i relation til sikring mod *Legionella* vigtigt, at den er overskuelig (via tegning og præsentation) og gennemskuelig (fx let at forstå dens virke), så man forholdsvis let kan fastlægge de kritiske forhold vedr. *Legionella*. Her kan det samtidig spille ind, hvilken bygningstype, det drejer sig om, eksempelvis vil et énfamiliehus ofte have begrænset kompleksitet, mens mere komplekse flerfamiliehus, etageboliger m.fl. kan være med såvel decentral som central brugsvandsforsyning.

→ [Vurderingstabel 2A Kompleksitet af installation.](#)

Bygnings- og installationstypen spiller især ind mht., hvordan brugsvandsforsyningen er udført. Dækkes etageejendomme med centralt anlæg er der lange strenge og mange i risikogruppen. Ud fra installationens alder kan evt. sammenholdes med statistiske data vedr. *Legionella* for forskellige bebyggelser. Dette er bl.a. belyst i del 3, afsnit 2.8.

→ [Vurderingstabel 2B Komponenter og slitage.](#)

INSTALLATIONENS KOMPONENTER Tilhørende risikofaktorer via influensparametre og risikovurderinger (Vurderingstabel angivelse, bilag 2)	Influensparametre						
	Type og tilstand	Materialer og isolering	Vandkvalitet og behandling	Vandtemperatur og legionellasikring	Vandets strømning og tryk	Måling-regulering-styring-overvågning	Tapning af vand
Beskrivende afsnit om risikovurdering	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8
0 Brugsvandsinstallationen som helhed Installationens kompleksitet (2A) Installationens tilstand inkl. slitage (2B)	X X						
1 Vandforsyning (koldt vand) Materialer (3A) og Isolering (3B) Vandtemperatur (5A) Vandudskiftning-Døde ender (6A)		X		X	X		
2 Koldt vandsbehandling Vandbehandling-Blødgøring (4A)			X				
3 Varmtvandsforsyning (Opvarmingsenhed) Vandtemperatur (5A af 5ABC) Vandudskiftning-Beholder (6C) og Lagdeling i beholder (6D)				X	X		
4 Varmtvandsbehandling og legionellasikring Vandbehandling-Legionellasikring (termisk & biocid) (4B)				X	(X)		
5 Forsyningsledninger og cirkulationskreds Materialer (3A) og isolering (3B) Vandtemperatur (5A af 5ABC) Vandtemperatur-Termisk behandling (EI-booster) (5B af 5ABC) Vandtemperatur-Biocidbehandling (Neuthox) (5C af 5ABC) Vandudskiftning-Døde ender (6A) og Vandudskiftning: Ledninger (6B)		X		X1 X2 X3	X		
6 Koblingsledninger Materialer (3A) og isolering (3B) Koblingsledningens længde (5D) Vandudskiftning-Døde ender (6A) #		X		X	X		
7 Styring og overvågning Udstyr (Måling-regulering-styring-overvågning) (7A) – inkl. ventiler			(X)	(X)	(X)	(X)	
8 Tapsted Eksempel: Bruserhoved og bruserslange (8A)							X
Parallele og betingede kriterier Legionellaprøver og test (4L) Fjernvarmetemperaturen (5F)			X	X			
Beskrivende afsnit om risikovurdering	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8

* Kriterierne vedr. koldt- og varmt vand samt ved termisk- eller biocidbehandling er samlet i én vurderingstabel

Inkl. særlige krav vedr. koblingsledninger (max længde aht. vandudskiftning og temperatur)

Tabel 5-2 Gennemgang af brugsvandsinstallationen med reference til vurderingstabellerne i bilag 2

Installationen og dens hovedkomponenter

Med henvisning til figur 5-1 er efterfølgende beskrevet de hovedkomponenter, som den yderligere gennemgang af brugsvandsinstallationen tager afsæt i, og hvor vurderingstabellerne er belyst i afsnit 5.2 – 5.8 samt præciseret i bilag 2.

1 Koldtandsforsyning:

Der findes legionella-kim i hovedparten af de danske drikkevand og det har naturligvis betydning for den mulige udvikling af *Legionella* i brugsvandet, se afsnit 5.4. For det kolde vand kan der ske vækst af *Legionella*, såfremt drikkevandstemperaturen kommer over 20 °C, og i særdeleshed 25 °C, jf. afsnit 5.5, og især såfremt der er døde ender, se afsnit 5.4. Yderligere har det betydning, om der er i rør og komponenter er materialer, som fremmer udvikling af biofilm og *Legionella*, fx gummi, se afsnit 5.3.

2 Evt. behandling af det kolde vand

Der anvendes i dag jævnligt ved såvel mindre som større brugsvandsinstallationer med mange brugere en behandling af drikkevandet med henblik på reduktion af vandets hårdhed. Denne blødgøring påvirker i forskellig grad vandkvaliteten, og det er aht. *Legionella* vigtigt, at anlægget fungerer og vedligeholdes tilfredsstillende, se afsnit 5.4. Endvidere kan et blødgøringsanlæg med uheldige materialer, se under pkt. 1 og afsnit 5.3, være med til at styrke væksten.

3 Varmtvandsforsyning (Opvarmningsenhed)

Varmtvandsforsyningen kan være baseret på fjernvarme, fælles/individuel olie-/gasopvarmede anlæg/varmepumper, hvor lave temperaturer er et ønske aht. energiressourcer og klimapåvirkninger. Derfor er det væsentligt, at der er sammenhæng mellem det som opvarmningsenheden kan yde, og det som sikrer tilstrækkelig opvarmning af brugsvandsanlægget, så der ikke opstår problemer med *Legionella*. Varmtvandstemperaturen skal være så høj, at der ikke opstår legionellavækst i opvarmningsenheden, samt så den i de efterfølgende fordelings- og cirkulationsledninger ikke giver anledning til legionellavækst, jf. temperaturens betydning belyst i afsnit 5.5. Det betyder at temperaturen ofte i beholder/veksler skal ligge 5 °C over de mindstekrav, som jf. del 3 afsnit 2 fremgår af Bygningsreglementet. Der regnes således normalt med en temperaturforskel mellem fremløbstemperaturen og returtemperaturen på 5 °C, og at temperaturen er mindst 50 °C overalt i installationen.

Samtidig har det betydning, om opvarmning sker gennem en veksler, i beholder eller i en kombination. For beholderen er lagdeling og temperaturforholdene i øvrigt et centralt opfølgningsskema, jf. afsnit 5.6

4 Evt. varmtvandsbehandling (legionellasikring)

Er der udfordringer mht. vandtemperaturen, se afsnit 5.5, eller er der ønsket om en ekstra legionellasikring, fx gennem termisk kompensering, jf. del 5, eller biocidkompensering, jf. del 6, skal etableres en behandling af brugsvandet. Her er det mht. selve anlægget for legionellasikring væsentligt at det fungerer og serviceres korrekt, se afsnit 5.4, samt at doseringen kommer rundt i systemet, se efterfølgende ledningssystemet under pkt. 5 og 6, samt tapstedet under afsnit 5.8.

5 Forsyningsledninger og cirkulationsledninger:

Ledningsføringen for brugsvandssystemet er med afsæt i de danske krav del 3, afsnit 2.1 -2.3, og delvis inddragelse af europæiske, jf. del 3, afsnit 3.3 (CEN/TR16355), opdelt i:

- Forsyningsledninger evt. opdelt i hoved- og fordelingsledninger, herunder stigstreng
- Cirkulationsledninger, såfremt anlægget har cirkulation
- Koblingsledninger, der fører vand til tapstederne.

Varmtvandstemperaturen i ledningerne skal være så høj, at den ikke giver anledning til legionellavækst, herunder med hensyntagen til anlæg for termisk eller biocid vandbehandling, se afsnit 5.5. Endvidere er det væsentligt, at der er tilstrækkelige strømningsforhold, som belyst i afsnit 5.6, herunder at der ikke er døde ender. Dette gælder også ved legionellasikring termisk eller biocid, hvor det er vigtigt, at det behandlede vand for at få effekt kommer rundt i hele systemet og helt ud til yderste tapsted.

Materialer i rør og andre komponenter (plast, gummi, kobber, jern) inkl. udstrækning har betydning for mulighederne for vækst og reduktion af *Legionella* samt for korrosion (indirekte effekt), se afsnit 5.3. Endvidere er det vigtigt, at ledningerne er tilstrækkeligt isolerede – både af hensyn til varmetabet og for at sikre mod for lave brugsvandstemperaturer og for høje temperaturer for det kolde vand.

6 Koblingsledninger:

Generelt tilsvarende mht. vandkvalitet (afsnit 5.4), temperatur (afsnit 5.5), strømning (afsnit 5.6) som for forsyningsledningerne, men ved koblingsledningerne bringes varmt vand alene frem til tapstedet. Det betyder, at når tapstedet ikke anvendes kommer der ikke nyt varmt vand til, og temperaturen af vandet i koblingsledningen falder. Det er derfor vigtigt, enten at temperaturen hurtigt når ned i området, der ikke giver legionellavækst, dvs. helst 20 °C eller derunder, eller at man via en alternativ energitilførsel holder temperaturen på de nødvendige 50 °C, se afsnit 5.3. Det første sikres normalt gennem uisolerede ledninger i samme rum som tapstedet, samt ved at ledningerne ikke ligger i opvarmede skakte eller er placeret i gulve opvarmet med gulvvarme eller under nedhængte lofter, se del 3 afsnit 5.

7 Udstyr for måling, regulering, styring og overvågning:

I brugsvandsinstallationen indgår forskellige målepunkter samt regulerende og styrende elementer, som skal sikre, at installationen opfører sig som planlagt og projekteret. Det er væsentligt, at disse lever op til funktionskravene, bl.a. grundet jo hurtigere, der følges op med handling, desto større sandsynlighed er der for, at *Legionella* ikke vokser til høje niveauer. Kontrol heraf indgår indirekte i risikovurderingen for installationens hovedkomponenter og parametre, som anført i afsnit 5.2 – 5.6, mens vurdering af udstyr for måling, regulering og styring, inkl. dets vedligeholdelse og funktionsdygtighed, er belyst i afsnit 5.7.

Ved vurdering af en brugsvandsinstallation har det betydning, om de målinger, der ligger bag er baseret på løbende, sporadiske eller sjældent foretagne målinger, samt om usikkerheden af målingerne ligger inden for et passende niveau for det, der skal vurderes. Jo dårlige målegrundlag, des større usikkerhed skal der tages højde for ved risikovurderingen.

Ligeledes har det stor betydning, om målingerne indgår i den løbende tilpasning af brugsvandsanlægget, eller om de blot indgår i fm. selve risikovurderingen. Målinger, som benyttes til løbende, automatisk indregulering, skal naturligvis have større vægt end varmemesterens/vicerværtens regulering af anlægget ud fra en årlig risikovurdering.

8 Tapsted og tilhørende komponenter:

I nærværende projekt er der primært fokus på at sikre brugsvandsinstallationen mod udvikling af *Legionella* i forhold til de normale anbefalinger vedr. et max. indhold på 1000 CFU/L.

Imidlertid er tapstedet i sig selv ofte arnestedet for vækst af *Legionella* og kan påvirke vandkvaliteten og dermed vækst af biofilm og *Legionella*, selv om vandet i selve brugsvandsinstallationen er af tilfredsstillende kvalitet. Det gælder også såfremt eksempelvis en bruseslange kan trække afløbsvand fx fra et badekar tilbage i tapstedet. Endelig har tapstedets art og udformning, fx en bruser, betydning for udvikling af aerosoler, som kan føre *Legionella* ned i lungerne og i værste fald føre til legionærsygdom.

Yderligere har det betydning, om tapstedet evt. har en indbygget mulighed, der sikrer automatisk åbning og tapning med passende tidsrum, eller om der er faste manuelle procedurer for regelmæssig tapning, så vandet kan fornyes og sikre mod *Legionella* via temperatur eller tilførsel af biocid. Endelig virker aldrig, eller sjældent benyttede tapsteder som en død ende med de udfordringer dette giver.

I afsnit 5.8 er problematikkerne angående tapstedet yderligere belyst, ligesom der i risikovurderingen er medtaget et centralt punkt, nemlig bruseslangers beskaffenhed.

5.3 Hensyntagen til materialer og isolering

Mht. materialeforhold, isolering mv. forudsættes, at der er anvendt dokumenterede komponenter. Dokumentationen for VVS-komponenter til brugsvandsinstallationer er fastsat i Bygningsreglementet, jf. del 3, afsnit 2.-2.3 både for så vidt angår de sundhedsmæssige aspekter som de fysisk- mekaniske egenskaber.

Materialer

De indvendige overflader i rør og andre komponenter har betydning for *Legionella* og korrosion (indirekte effekt). Det har derfor betydning at vurdere de anvendte materialer og deres udstrækning. Gummi og plast er organiske materialer og giver en vis grobund for biofilm og *Legionella*, mens eksempelvis kobber virker hæmmende, jf. del 1, afsnit 4 og del 3, afsnit 2.1 – 2.3:

- Plast (hård). Indvendig glat overflade der minimerer muligheden for opbygning af biofilm. Desuden korroderer de ikke, men kan afgive organisk materiale i større eller mindre omfang.
- Gummi (bløde plastmaterialer). Primært i bruserslanger og ved pakninger i armaturer og andre mekaniske komponenter. Bruserslanger har en stor overflade, hvor der kan dannes biofilm. I armaturer m.v. med pakninger af gummi er overfladen af disse normalt begrænset til max. 4 cm² jf. bekendtgørelsen om GDV-ordningen.
- Kobber. Kobber kan have en reducerende effekt på dannelsen af biofilm, men anvendes kun i begrænset omfang på grund af den generelle problemstilling af kobberafgivelse til vandet. Effekten mindskes/forsvinder med tiden når der opstår belægninger på indersiden af røret. Yderligere spiller det ind, at de kobberrør, der anvendes i dag, normalt vil være med en belægning som reducerer kobberafgivelse, men som derfor også reducerer kobbers effekt på biofilm.
- Jern. Jernrør af varmforzinket stål har en meget ru overflade hvor dannelsen af biofilm kan forekomme. Korroderer let i en lang række vandtyper. Kan af samme årsag kun anvendes i begrænset omfang, da grænseværdien for afgivelse af zink let overskrides.
- Rustfrit stål: Indvendig glat overflade, der minimerer muligheden for opbygning af biofilm.

→ [Bilag 2: Vurderingstabel 3A Materialer.](#)

Isolering

Ud over at medvirke til reduceret varmetab fra installationen har isoleringen betydning for at kunne opretholde det nødvendige temperaturniveau for brugsvandet, dvs. en temperatur over 50 °C, jf. del 3, afsnit 2.3. Her spiller også ind, at kravene til isolering over en årrække er blevet skærpet, hvilket bl.a. fremgår af DS 452. Endelig er det ved koblingsledninger vigtigt, at de hurtigt afkøles. Dette afleder følgende krav:

- Varmtvandsrør for cirkulation isoleret med henblik på sikring af temperatur på mindst 50 °C og lavt varmetab
- Varmtvandsrør uden cirkulation uden isolering aht. hurtigt temperaturskifte
- Koldtvandsrør isoleret med henblik på sikring af temperatur på max 20 °C, og er dette ikke muligt er det væsentligt at være opmærksom på, at *Legionella* især begynder at vækste hurtigt, når temperaturen nærmer sig 25 °C, jf. del 1, afsnit 3.3.

→ [Bilag 2: Vurderingstabel 3B Isolering](#)

5.4 Hensyntagen til vandkvalitet og vandbehandling

Vandkvalitetens betydning

Vandkvaliteten har som beskrevet i del 1, afsnit 2.3 og del 3, afsnit 2.1 – 2.3, 3.3, 4.1 – 4.3 en væsentlig betydning for legionellavækst i brugsvandsinstallationen, bl.a. under hensyntagen til at nogle stoffer fremmer væksten af *Legionella* og biofilm mens andre svækker den. Her har også samspillet med materialeoverfladerne betydning, jf. afsnit 5.3. Vandets pH-værdi har bl.a. betydning for biocidbehandling, se det følgende.

Vandbehandling af drikkevandet (blødgøring)

Blødgøringsanlæg anvendes i stigende omfang og kan have betydning for legionellavækst, især da det ved dårlig funktion og vedligehold kan være vækststed for *Legionella*. I tyske DIN-standarder er der derfor krav om regenerering mht. bakterievækst i fx ionbytteanlæg, DIN 19636-100 anfører således bakteologisk test af klorcelle og tvangsregenerering efter 72 timer. Det er generelt vigtigt, at blødgøringsanlægget er velfungerende, hvilket er baggrunden for:

→ [Bilag 2: Vurderingstabel 4A Vandbehandling-Blødgøring](#)

Nogle kilder antyder, at pH-værdien har en vis betydning for udvikling af *Legionella*, men det er en ikke tydeliggjort effekt. pH-værdien for det danske drikkevand er generelt meget ensartet, og der ses kun mindre udsving i forhold til en værdi på pH = 7,0. pH-værdien spiller dog specifikt ind ved anvendelse af biocid, se del 3, afsnit 5.4.

Termisk behandling af brugsvand med henblik på løbende legionellasikring og desinfektion:

Termisk kompensering med anvendelse af høje temperaturer er den hyppigste forebyggende behandling med henblik på legionellasikring, se del 1, afsnit 5 og 7.5 samt del 3, afsnit 5, og kan overvåges ved fx den udviklede EI-booster, se del 5.

Ved behandlingen distribueres det opvarmede vand rundt i systemet og har reducerende effekt ved temperaturer over 50 grC. Konsekvensen af temperaturbehandlingen ift. temperaturkravene er belyst i afsnit 5.5 i nærværende del 4. En vurdering af det termiske anlægs tilstand, herunder en EI-booster, bedømmes gennem:

→ [Bilag 2: Vurderingstabel 4B Vandbehandling-Legionellasikring.](#)

Termisk behandling af brugsvandet med henblik på desinfektion er ligeledes omhandlet i afsnit 5.5.

EUDP-Legionellasikring – Delrapport4: Risikovurderinger og ressourcekonsekvenser

Biocid behandling af brugsvandet med henblik på løbende legionellasikring og desinfektion

Alternativt til temperaturbehandling kan anvendes forskellige kemiske og fysiske behandlingsmetoder, jf. del 1, afsnit 5.2 og 7.6 samt del 3, afsnit 2 og 5.5. Her er fokus på anvendelse af biocid i form af hyperklorsyre (Neuthox), se del 6.

Ved behandlingen distribueres det doserede vand rundt i systemet og har reducerende effekt, når det strømmer gennem rørledninger og tapsted og med effekt ved varierende temperaturer men aftagende ved temperaturer over 60 °C. Konsekvensen af biocidbehandlingen ift. temperaturkravene er behandlet i afsnit 5.5 i nærværende del 4. En vurdering af selve anlæggets tilstand (produktion og distribution af hyperklorsyre) fremgår af:

→ [Bilag 2: Vurderingstabel 4B Vandbehandling-Legionellasikring.](#)

Biocid er også relevant for desinfektion af brugsvandsanlægget, hvilket også er omhandlet i afsnit 5.5.

Generelt vedr. driftsmæssig legionellasikring termisk og med biocid

Det er ved såvel termisk som biocid behandling væsentligt, at anlægget dokumenterbart giver den tilstrækkelige dosering i hele anlægget, og at der er taget højde for at det forefindes ved det yderste tappested, ligesom vandkvaliteten, herunder pH, kan spille ind for biocid, jf. del 3, afsnit 5.5.

Såfremt brugsvandets driftsforhold er baseret på at anlægget drives ved temperaturer tæt på 45 °C, hvor risikoen for legionellavækst er høj, er dokumenterbarheden af anlæggets drift særlig kritisk. Det skal samtidig anføres, at bygge Lovgivningen fremgår, at der altid skal være 50 °C ved sidste tappested (45 °C ved peak belastning). Dette gælder således i dag også for anvendelse af biocid, fx hyperklorsyre, selv om effekten her er bedst ved temperaturer under 50 °C.

Generelt vedr. desinfektion termisk og med biocid ifm. overskridelser af legionella-krav:

Er belyst under afsnit 5.5.

Legionella-måling og bedømmelse:

Legionella kan forekomme både i drikkevandet og i det varme brugsvand. Er der forhånds gennemført en analyse for *Legionella* bør resultatet indgå i risikovurderingen for brugsvandsinstallationen. Der skal her sammenholdes med de krav og anbefalinger, som er foreskrevet, jf. del 1, afsnit 2.3 -2.5 og del 3, afsnit 2.4. Dvs. at tilstedeværelse af *Legionella pneumophila*, i et omfang på op til 1000 CFU/l normalt ikke vurderes at resultere i legionærsygdom.

Foreligger der analyse af legionellatyper i vand- eller biofilmprøver, kan der ved risikovurderingen tages hensyn til den fundne legionellatype, bl.a. ud fra:

- At *Legionella pneumophila*, serogruppe 1* kan smitte raske personer
 - At *Legionella pneumophila*, serogruppe 2-16 som en overordnet bedømmelse kan smitte udsatte personer
 - At *Legionella.spp.* (non-*pneumophila*) observeres næsten altid (med PCR) men uden generelt at udgøre en sygdomsrisiko
- * Serogruppe 1 findes dog i to varianter – en virulent type (Pontiac) der er sjælden i brugsvandsystemer og en mindre virulent type (non-Pontiac) der er almindelig (i nogle geografiske lokationer) i brugsvandsystemer.

→ [Bilag 2: Vurderingstabel 4L Vandkvaliteten mht. Legionella](#)

5.5 Hensyntagen til vandtemperatur og legionellasikring

Temperaturen er, som belyst i del 3, afsnit 5.3 og flere andre steder i del 1 - 3, en vigtig influensparameter ift. legionellarisiko, både når det gælder det kolde og det varme vand, ligesom tidsperioden spiller ind. Konsekvensvurderingen der anvendes i *LegionellaRisk*-modellen er således baseret på figur 3-3 og figur 3-4 i delrapport 1.

Det kolde vand må ikke blive for varmt:

Ved koldt vand er det vigtigt, at temperaturen ikke overstiger 20 °C (højst 25 °C).

→ [Bilag 2: Vurderingstabel 5A Vandtemperatur](#) (den "kolde" del af tabellen)

Det varme vand må ikke blive for koldt:

For det varme vand er der mulighed for vækst af *Legionella* når temperaturen når ned på og under 50 °C.

→ [Bilag 2: Vurderingstabel 5A Vandtemperatur](#) (den "varme" del af tabellen)

Modellering af effekten af anlæg til legionellasikring:

Anlæg til legionellasikring kan i større eller mindre grad reducere den risiko, der er forbundet med uhensigtsmæssige temperaturforhold i varmtvandssystemet. I *LegionellaRisk*-modellen inkluderes 2 aspekter af effekten af sådanne anlæg, der er relateret til hhv. installation/drift og den aktive virkning, se figur 5-2.

Delsystem	Influensparameter		Konsekvens		Sandsyn./ frekvens		Kontrol		Risikobidrag
	Parameter (vælg fra liste)	Værdi (vælg fra liste)	Potentiel effekt (kan overskrives)	K O N S	Mulig årsag (vælg eller skriv)	S A N	Procedure (vælg eller skriv)	D E T	R I S
	Hvilken parameter undersøges?	Hvilken værdi antage parameteren? (husk at angive konsekvens, hvis liste ikke benyttes)	Effekt/detaljer (autoudfyldes - kan overskrives)	Konsekvens (auto-udfyldes)	Årsag: Vælg fra liste eller skriv alternativ årsag Tilføj evt. forklaring	Hvor ofte sker det? (1 = altid)	Er der en procedure til at undgå konsekvensen?	Effektivitet	Risikobidrag
				0		1		0%	0
Legionellasikring	Legionellasikring	Service OK; Service og vedligehold OK	-	0		1		0%	0
	Legionellasikring	Overvågning effektiv; Alarm ved fejl mv. Status af alarmer kontrolleres af central eller tilsvarende	-	0		1		0%	0
	Legionellasikring	Installation OK; Installation korrekt jf. foreskrifter	-	0		1		0%	0
				0		1		0%	0
Eks. Ingen sikring	Temperatur	30 - 40 °C; Temperatur for lav	Fare: Temperaturen optimal for legionellavækst	10		1		0%	1000
Eks. Kemisk sikring	Temperatur	30 - 40 °C / sikret (I); Der er installeret anlæg til kemisk legionellasikring	Vækst af Legionella unguis med kemisk behandling	5		1		0%	31
Eks. Termisk sikring	Temperatur	30 - 40 °C / sikret (II); Der er installeret anlæg til termisk legionellabekæmpelse	Fare: Temperaturen optimal for legionellavækst	8		1		0%	250

Forklaring:

- Installationseffekt: De tre linjer i midten viser de ekstra influensparametre med mulig tilknyttet risici, der er forbundet med installation af anlæggene (installation, vedligeholdelse og overvågning).
- Temperatureffekt: De tre nederste linjer viser, hvordan installationen af et anlæg reducerer risikoen forbundet med uhensigtsmæssige temperaturer.

Figur 5-2. Praktisk håndtering af legionellasikring i *LegionellaRisk*-modellen.

Grundlæggende er princippet, at fejl på installation/drift vil give sig negativt til udtryk i risikoanalysen (dvs. større risikoscore), mens den aktive virkning vil give sig positivt til udtryk (mindre risikoscore). Samlet set vil et korrekt installeret/driftet anlæg derfor have en positiv effekt (mindre risikoscore), mens et anlæg med betydelige fejl på installation eller drift typisk vil have en negativ effekt.

Legionellasikringens installation/drift

I forhold til installation/drift indgår følgende forhold med i risikovurderingen:

- Installation: Er anlægget installeret efter producentens forskrifter?
- Overvågning: Er der overvågning som sikrer at anlægget til stadighed er funktionelt?
- Service: Er anlægget korrekt serviceret?

Hvis overstående ikke er opfyldt, kan det ikke forventes at anlægget virker efter hensigten, og derfor vil det ikke yde den forventede ekstra beskyttelse. Fejl på installation, overvågning eller service giver derfor betydeligt udslag i risikoanalysen i form af en høj risikoscore. Dette er baggrunden for den i afsnit 5.4 anførte vurderingstabeller 4B Vandbehandling-Legionellasikring.

Den aktive virkning af legionellasikringen:

Den aktive virkning af anlæg til legionellasikring kan som anført være baseret på termisk kompensering, eller anvendelse af biocid (hyperklorisyre, Neuthox).

I modellen beskrives den aktive virkning via en reduceret værdi af konsekvensparameteren. I forhold til effekten af anlæggende skal der tages højde for 3 aspekter:

1. Vurdering af metodens overordnede effektivitet.
2. Vurdering af anlæggets driftssikkerhed, bl.a. via relaterede risikoanalyser.
3. Dokumentation af den aktuelle type anlægs effektive virkning.

Det er vigtigt at der ift. risikomodellen er kvantitativ dokumentation for anlæggenes effekt. Der er her med bl.a. underbygning via de gennemførte demoaktiviteter forholdsvis god dokumentation for den udviklede biocidløsning, mens den udviklede el-booster er mere begrænset dokumenteret.

Den aktive virkning af begge typer anlæg behandles i modellen ved at reducere konsekvensparameteren, C, der er relateret til uønskede temperaturforhold. Med udgangspunkt i de foreliggende data – samt hensyntagen til effekten for den samlede installation er valgt de i tabel 5-3 anførte konsekvenser med afledte risikoscorer.

For biocidløsningen er konsekvensparameteren reduceret med 4 over 40 °C og 5 under 40 °C, hvilket svarer til en reduktion af risikoscoren med en faktor på hhv. ca. $(\frac{1}{2})^4 = 0.06$ og $(\frac{1}{2})^5 = 0.03$. Der er således taget højde for anlæggets mindre effekt ved højere temperaturer. For anlæg baseret på termisk kompensering er konsekvensparameteren reduceret med 2 for alle temperaturer, hvilket svarer til en reduktion af risikoscoren med in faktor ca. $(\frac{1}{2})^2 = 0.25$. Det skal understreges at vurderingen for begge anlægstyper er baseret på et skøn.

Den resulterende vurderingstabel fremgår af:

→ [Bilag 2: Vurderingstabel 5ABC Vandtemperatur samlet](#) (dækkende såvel det "kolde" som det "varme" vand og med hensyntagen til evt. legionellasikring)

Temperatur	Konsekvens, C			Risikoscore, R_i		
	Ingen sikring	Biocid sikring	Termisk kompensation	Ingen sikring	Biocid Sikring	Termisk kompensation
0 - 20 °C	0	0	0	0	0	0
20 - 25 °C	5	0	3	31	0	7
25 - 30 °C	7	2	5	125	3	31
30 - 35 °C	9	4	7	501	15	125
35 - 40 °C	10	5	8	1000	31	250
40 - 45 °C	10	4	8	1000	15	250
45 - 50 °C	8	2	6	250	3	62
50 - 55 °C	0	0	0	0	0	0
> 55 °C	0	0	0	0	0	0
Vurderings-tabel	5A	5B biocid	5C termisk	5A	5B biocid	5C termisk

Tabellen viser hvorledes parametrene konsekvens, C , og resulterende risikoscore, R_i , afhænger af temperaturen i anlæg der hhv. er uden legionellasikring, med kemisk legionellasikring og med termisk legionellasikring. Se tekst.

Tabel 5-3 Effekten af biocid eller termisk behandling for legionellasikring.

Desinfektion termisk eller via biocid

Såfremt der via måling er konstateret *Legionella*, se afsnit 5.4, eller risikovurderingen giver anledning til forventning om *Legionella* i brugsvandsinstallationen bør der gennemføres en desinfektion af hele anlægget, dvs. med åbne tapsteder, jf. i øvrigt afsnit 5.8.

Gennemførelsen kan ske termisk ved over et passende tidsforløb at forøge temperaturen i varmtvandsforsyningen med efterfølgende gennemskylning af ledningsnettet, dvs. med åbne tapsteder, se del 3, afsnit 5.5 samt tilhørende tabel 5-1. Her fremgår også, at hvor der tidligere typisk blev anvendt 60 – 65 °C så vurderes nu, at kun 90% af *Legionella pneumophila* vil dø mod omtrent 100 % ved en temperatur på 65 – 70 °C. Det sidste bevirker dog øgede krav til den termiske effekt, ligesom det giver større risiko for skoldning og øget kalkudfældning. Yderligere kan desinfektionen være vanskelig at gennemføre bl.a. i cirkulationssystemer, hvor der er termostatiske indreguleringsventiler især af ældre type. En termisk desinfektion vil normalt forudsætte en ekstern opvarmingskilde, eller anlægget må via elektriske varmelegemer eller andet være forberedt for det.

Alternativt kan anvendes desinfektion med biocid (hyperklorsyre), hvor det er væsentligt at koncentrationen er tilstrækkelig, og hvor der ligeledes skal sikres gennemskylning af alle tapsteder. Samtidig er det væsentligt at der er et samspil mellem dosering og tidsforløb, som sikrer den nødvendige effekt. En desinfektion med hyperklorsyre vil normalt kunne ske via anvendelse af et permanent monteret doseringsanlæg (generator), som indgår i den løbende legionellasikring.

For gennemførelse af desinfektion med temperatur eller via biocid ifm. konstaterede eller formodede overskridelser af *Legionella* i installationen skal således bl.a. vurderes:

- Hvilken effekt er påtænkt
- Hvordan kontrolleres det generelt
- Hvordan håndteres "lukkeperioder"
- Er der sikkerhed ud til tapstederne.

Det kræver derfor en særlig vurdering af anlægget at gennemføre en desinfektion, hvilket ikke er medtaget i risikovurderingsværktøjet.

Fjernvarmetemperaturen og anden varmetilførsel

Det er væsentligt, at varmekilden kan give den nødvendige brugsvandstemperatur. Derfor er det ved fjernvarmeanlæg væsentligt at fjernvarmens fremløbstemperatur ligger et passende stykke over den nødvendige brugsvandstemperatur, da der skal tages højde for diverse tab i beholder/veksler mv.:

→ Bilag 2: Vurderingstabel 5F Fjernvarmetemperaturen.

Tilsvarende er det ved individuel opvarmning (olie, gas, biobrændsel og varmepumper) væsentligt at bedømme den mulige temperatur under forskellige forhold.

5.6 Hensyntagen til vandets strømnings- og trykforhold

Vandets strømningsforhold har som beskrevet i del 1, afsnit 2.3 og i del 3, afsnit 2 & 5.2 en ikke uvæsentlig betydning for legionellavækst.

Døde ender bør undgås

Især de "døde ender" i form af nedlagte eller sjældent benyttede dele af installationen, hvor vandet kan stå stille i lange perioder og muligvis under påvirkning af kritiske temperaturer i fht. legionellavækst, er uheldigt, og er ofte et af de mest kritiske elementer i fht. *Legionella*. Her er det i særdeleshed væsentligt at få fjernet nedlagte dele, herunder sjældent benyttede tapsteder, samt at sjældent anvendte tapsteder regelmæssigt bliver åbnet. Dette er præciseret i følgende vurderingstabel, hvor også krav til koblingsledninger fremgår:

→ Bilag 2: Vurderingstabel 6A Vandudskiftning-Døde ender.

Alternativt til ovennævnte må med passende mellemrum gennemføres en egentlig desinfektion, se afsnit 5.5.

Strømningsforholdene belyst ved vandhastighed, -flow og udskiftning, herunder "døde ender":

Som det fremgår af del 1, afsnit 4 findes der forholdsvis få videnskabelige undersøgelser vedr. strømningsforholdenes betydning for *Legionella*, og med lidt varierende resultat bl.a. afhængig af forekomsten af biofilm. Ved rene rør har turbulent flow fordele grundet opblandingen og ensartet vandhastighed, men hvor der er biofilm taler noget for laminar strømning, da biofilmen med evt. *Legionella* så ikke så let rives op. Ud fra del 3, afsnit 2.3 fremgår dog, at krav og erfaring peger på, at et vist flow er vigtigt for at sikre mod legionellavækst, og der refereres generelt til kravene til et vel indreguleret system.

Sikring af passende vandudskiftning og -hastighed i rør og anlæg generelt

Med henvisning til del 1, afsnit 4 og del 3, afsnit 2 & 5.2 skal anføres følgende vurderingskriterier.

- Vandhastighed i aktive strenge (gns/dag): en vandhastighed på mindst 0,1 m/s, men dog ønskeligt i nærheden af 0,5 m/s.
- Vandudskiftning (relativt) og døde ender:
 - o Dagligt – moderat/stor positiv effekt
 - o Ugentligt – lille positiv effekt
 - o Pr. 2 uger – ingen effekt
 - o Månedligt inkl. alm. ferier – lille negativ effekt
 - o Derudover lange lukninger ved eksempelvis Covid-19-lignende situationer – meget stor negativ effekt.

I risikovurderingen er for ledninger valgt primært at se på vandudskiftningen, jf:

→ [Bilag 2: Vurderingstabel 6B Vandudskiftning-Ledninger i drift.](#)

For beholdere tages afsæt i del 3, afsnit 2 med krav angående lagdeling og temperaturer:

→ [Bilag 2: Vurderingstabel 6C Vandudskiftning-Beholder.](#)

Sikring mod lagdeling i beholdere

Foregår vandets opvarmning i en beholder er det jf. del 3, afsnit 2 væsentligt, at der er lagdeling og hvor toplaget opnår en temperatur på 55 °C eller derover:

→ [Bilag 2: Vurderingstabel 6D Lagdeling i beholder.](#)

Vandets trykforhold:

Vandets trykforhold har jf. del 1, afsnit og del 3, afsnit 2 en begrænset indflydelse på legionellavækst. Ved almindeligt vandværkstryk, dvs. 2,5 – 10 bar har det normalt ikke betydning, men et lavt tryk under 1 bar bør give anledning til overvejelse. PS! Indgår som følge heraf aktuelt ikke i risikovurderingen.

5.7 Måling, regulering, styring og overvågning samt varsling som ekstra sikkerhed

Det udstyr, der benyttes til måling, regulering og styring, spiller en væsentlig rolle mht. at brugsvandsinstallationen lever op til de krav, der jf. del 3, afsnit 2 er beskrevet i Bygningsreglementet og diverse anvisninger samt mht. opfyldelse af forudsætningerne vedr. sikring mod *Legionella*. Det gælder også installationens indregulering. En bedømmelse af disse forhold er sammenfattet i:

→ [Vurderingstabel 7A Udstyr \(Måling-regulering-styring-overvågning\).](#)

Umiddelbart indgår resultaterne heraf i vurderingen af de fysiske parametre og deres risici og kan være en del af et forbedringstiltag.

Ud over ovennævnte kan der indgå overvågning og alarmering med betydning for tidligt at kunne konstatere uheldige driftsforhold ift. *Legionella*, og opfølgende advisere driftsansvarlige eller beboerne direkte; i særlige tilfælde evt. kombineret med at anlægget lukkes ned og ikke an bruges.

On-line måling af *Legionella* i kritiske punkter ville være en ønskelig sikring, men er aktuelt ikke muligt. Derimod kan det ske indirekte, dels ved at sikre at de rette temperaturer er til stede, dels ved i fm. et biocidanlæg at måle at den nødvendige koncentration af et biocid er tilstede rundt i installationen – og helt frem til sidste tapsted.

Er der installeret en on-line måling af temperatur eller biocidforekomst, som viser overskridelse af nogle væsentlige krav, er det samtidig vigtigt, at anlægget giver alarm til driftsfolk og/eller brugere, eller at anlægget helt stopper. I EI-booster, se del 5, er indbygget temperaturfølere, som via lamper på anlægget viser, om det opfylder driftskravene, og som ved systemer med cirkulation måler på returledningen. I biocid-generatoren (Neuthox), se del 6, indgår tilsvarende målinger af klorindholdet på en returledning og giver alarm ved manglende overholdelse. Disse forhold er delvist inkluderet i vurdering af anlæggenes drift under afsnit 5.4.

For at sikre, at en alarm har effekt, er det imidlertid afgørende, at der er modtagere og viderebefordrere af budskabet til brugerne af anlægget. Heri indgår også instrukser og vejledninger angående betjening af anlægget.

Overvågning og alarmering er aktuelt ikke inddraget i risikovurderingen, da hovedvægten er lagt på selve installationen, men væsentlige overvejelser angående overvågning og alarm er:

- Findes der målinger for at sikre opfyldelse af de driftsforhold, som har væsentlig betydning for om der er kritisk tilstedeværelse af *Lelegionella* i brugsvandsinstallation og tapsteder?
- Er der til disse målinger tilknyttet en overvågning og alarmering?
- Hvordan sikres det, at alarm er effektiv og at der reageres og handles på alarm?

5.8 Tapstederne med afgørende rolle – samt betydningen af en komplet desinfektion

Tapstedets vurdering med særlig fokus på bruseren

Som tidligere anført indgår tapstedets funktion ikke direkte i vurdering af brugsvandsinstallationens risiko. Dog skal anføres, at tapstedets indflydelse typisk er bl.a. er karakteriseret ved dets brug:

- Bruges ofte/dagligt – moderat effekt
- Bruges jævnligt/ugentligt – lille negativ effekt
- Bruges sjældent – moderat negativ effekt under hensyntagen til den sjældne brug
- Bruges meget sjældent – stor negativ effekt men under hensyntagen til den sjældne brug / moderat negativ effekt ved mærkning.

Desuden skal anføres, at det ofte er bruseren, der er den store udfordring, både når det gælder udvikling af *Legionella* og mht. aerosoldannelse. Det første gælder især bruseslangen, mens det sidste gælder brusehovedets udformning og virkemåde. Disse forhold er sammenfattet og belyst i:

→ [Vurderingstabel 8A Tapsted bruser \(bruseslange og aerosoler\)](#).

Afsluttende skal anføres, at berøringsløse armaturer grundet det begrænsede flow m.v. ofte giver større risiko end traditionelle armaturer på trods af de andre positive effekter. Dette har bl.a. betydet, at de på flere hospitaler er blevet skrottet.

Desinfektion med åbne tapsteder som opfølgning på en risikovurdering og/eller test

Med baggrund i den gennemførte risikovurdering, eller afledt af gennemførte *Legionella*-prøver og analyser, kan der jf. afsnit 5.5 vise sig behov for en gennemførelse af en desinfektion af hele brugsvands-installationen og inkl. dens tapsteder. Dette fordrer åbne tapsteder med de ulemper og gener, som dette kan give anledning til, herunder vand- og energitab såvel som kalkudfældning, skoldningsfare og biocidpåvirkning.

EUDP-Legionellasikring – Delrapport4: Risikovurderinger og ressourcekonsekvenser

Termisk desinfektion udføres grundet risikoen for skoldningsfare derfor typisk om natten, hvor der ikke er forbrug og somme tider kun for cirkulationskredsen, men uden at involvere åbning af tapstederne. Dette betyder, at ofte kun en del af brugsvandsinstallationen bliver desinficeret med afledte uheldige følger.

Biocid desinfektion, fx med hyperklorsyre, er typisk baseret på en permanent installation og vil derfor komme med ud til tappestedet hver gang, der er forbrug, men de døde ender vil naturligvis kræve særlig opmærksomhed. En ulempe ved biocid desinfektion kan være, at det ved anlæggets vanlige koncentration af hyperklorsyre kan tage længere tid end ved termisk, eller at doseringen/koncentration må sættes op og derved måske overskride det sundhedsmæssigt forsvarlige ved normalt brug.

5.9 Risikovurderingsværktøjets anvendelse og videre udvikling

LegionellaRisk er et værktøj udviklet af Teknologisk Institut i samarbejde med projektgruppen og som pilotværktøj, hvor KAB har indgået som den primære sparringspartner angående målgruppens behov. Værktøjet har sigte både mod kravene i det nye EU drikkevandsdirektiv og bygherrernes og brugernes behov for risikovurdering, der understøtter en løbende udvikling af brugsvandsinstallationerne mht. legionellasikring.

Gennemførte eksempler og løbende evaluering samt overordnet konklusion

Risikovurderingsværktøjet er blevet anvendt og demonstreret for nogle konkrete brugsvandsinstallationer hos KAB. Eksemplerne for de enkelte installationer er anonymiseret belyst i bilag 3. Gennemgangen af de enkelte eksempler har omfattet en on site gennemgang fulgt op med registrering i en simplificeret risikovurdering, som er blevet afsluttet med udfærdigelse af den færdige *LegionellaRisk* analyse. Efterfølgende er resultaterne blevet sammenfattet og evalueret ud fra KAB's øvrige kendskab til den pågældende installation, herunder med i enkelte tilfælde allerede gennemførte vandprøvetagning og legionellatest.

Det er generelt vurderingen, at værktøjet i en mere brugervenlig version, og gennem en løbende anvendelse og inddragelse af erfaringer, vil være egnet som et bredt anvendeligt værktøj for risikovurdering af brugsvandsinstallationer. Samtidig vil det være nærliggende at inddrage nogle af de parametre, som er beskrevet, men som ikke har været medtaget i den aktuelle udgave af programmet.

Fremtidig hensyntagen til sammenkobling mellem risikofaktorer samt detaljering

I det udviklede værktøj er risikofaktorerne ved gennemgang af brugsvandsinstallationen vurderet uafhængigt og uden indbyrdes vægtning. Eksempelvis vægter en manglende opfyldelse af temperaturkravene ikke strengere end fx en manglende isolering, bortset fra gennem vurderingen af de enkelte parametre.

I en videreudvikling kan overvejes en yderligere vægtning mellem risikofaktorerne, ligesom der som nævnt i afsnit 4.5 via en slags FMECA-løsning kan inddrages visse sammenkoblinger, og evt. i en yderligere udbygning med inddragelse af en usikkerhedsvurdering, jf. afsnit 4.6. Endvidere må overvejes, hvorledes værktøjet bedst muligt gøres operationelt for den mindre kyndige bruger, samt om Excel-plattformen evt. skal ændres til en mere brugervenlig form.

6 RESSOURCEKONSEKVENSER FOR ENERGI, KLIMA, MILJØ OG ØKONOMI

6.1 Energi og andre ressourcemæssige problemstillinger ved legionellasikring

Forskellige løsninger for sikring mod *Legionella* i brugsvand giver anledning til forskellig påvirkning af energiforbrug, klima og miljø, som konstateret i del 3, afsnit 5.1.

Med henblik på at finde den ressourcemæssigt optimale løsning sammenholdt med risikoen for *Legionella* er det herudover vigtigt at kunne fastlægge, hvad løsningen betyder for den samlede investering og for driftsomkostningerne, herunder at der er taget hensyn til en rimelig afskrivningstid. I det følgende tages primært afsæt i temperaturløsning og i en biocidløsning, men tilsvarende overvejelser bør/kan gøres ved andre løsninger, eksempelvis ved anvendelse af UV og filtre.

De energi og økonomiske konsekvenser af legionellasikring ved høje temperaturer

Som belyst i delrapport 3, afsnit 2.9 er der et indbygget modsætningsforhold i relationen mellem bakteriebekæmpelse med høj temperatur og energispare- og effektivitetskrav i den grønne omstilling, samtidig med at brugsvandets andel af boligernes energiforbrug til opvarmning synes relativt stigende.

I SBI-rapporten "Varmt brugsvand, Måling og forbrug af varmetab i cirkulations-systemer [2009 SBI] angives lav nyttevirkning og ringe afkøling i systemer med varmtvands-cirkulation. Samtidig påpeges, at nye energikrav til bygninger får energiforbruget og temperaturkravet til opvarmning af bygningen til at falde, mens energiforbrug og temperaturkrav til varmt brugsvand er konstant og måske endda stigende.

Ved en temperaturløsning for det varme brugsvand vil der således opstå et øget energiforbrug, som afhængig af de anvendte varmekilder bevirker et ekstra CO₂-aftryk, ligesom der kan være knaphed på brændslet, jf. den aktuelle naturgasproblematik.

I SBI-rapporten fra 2009 var anført et samlet potentiale for nyttiggørelse af et samlet årligt tab ved produktion af varmt brugsvand på 20 PJ, dvs. dækkende både anvendelse af lavere brugsvandstemperatur og øget isolering. Ud fra en aktuel gns. fjernvarmepris på ca. 750 Kr./MWh (gælder kun ca. 2/3 af de danske husstande) bevirker dette en tabt omsætning på ca. 4 mia.kr. Samtidig udgør det ca. 40 pct. af omkostningerne til produktion af varmt brugsvand og ca. 12 pct. af det samlede energiforbrug for en husholdning.

Der har dog været betydelig usikkerhed angående, hvor stor en del der skyldtes brugsvandstemperaturen, men et netop gennemført estimat ved Niras² har vist, at det ligger i størrelsesorden 3½ PJ/år (1 – 1,3 GWh/år) - eller med ovennævnte pris forudsætninger svarende til en tabt omsætning på 1 mia. Kr./årligt. Hertil kommer et yderligere, ikke vurderet behov for energiforøgelse under hensyntagen til, at der i praksis ofte har været anvendt lavere temperaturer end de foreskrevne, jf. forholdsvis stor udbredelse af legionærsygdom og temperaturerfaringer fra praksis.

Den grønne omstilling med anvendelse af varmepumper og overskudsvarme betyder samtidig ønsker om endnu lavere temperaturer for fjernvarme. Eksempelvis forudsættes i Varmeplan Danmark fra 2021 [2021 Varmeplan DK] energibesparelser og lavtemperatur fjernvarme med

² Estimat rekvireret af DCW primo 2023 og dateret februar 2023

fremløbstemperaturer på 55-60 °C samt returtemperaturer på 25-30 °C. Dette skaber yderligere konflikt i forhold til den traditionelle anvendelse af fjernvarme til produktion og cirkulation af varmt brugsvand.

Eksempel på konsekvenserne af de temperaturmæssige udfordringer set fra Fredericia Fjernvarme

Tidligere analyser af temperaturforløb i fjernvarmemålere i Fredericia viser, at i perioder har op mod 90% af énfamilie huse en fremløbstemperatur på under 55°C, jf. del 2, afsnit 5. Dette er imidlertid et resultat af et lille fjernvarmeflow i stikledningen, idet andre ejendomme på samme ledning samtidigt kan have 60°C og derover i fremløbstemperatur. Sikring af tilstrækkelig varmtvandstemperatur kan derfor gennemføres i de enkelte installationer uden investeringer i fjernvarmenettet.

Generelt vil sikring af varmt brugsvand derfor ikke betyde øget varmetab fra hovedledningsnettet Fredericia; men i nogen grad fra stikledningerne. En beregning af det øgede varmetab vil være kompliceret, da dette involverer mange dynamiske effekter over et forbrugsår. Et forsigtigt skøn er en forøgelse af varmetabet med 1 – 2 %, hvilket i Fredericia svarer til 10 - 20 TJ årligt. (2,8 – 5,6 GWh). Med en pris på 75 kr./GJ er omkostningen 0,75 – 1,5 mio. kr. årligt, svarende til en forbrugerprisstigning på 2 kr./GJ eller 150 kr./årligt.

Om sikringen af højere fremløbstemperatur i stikledningerne vil have signifikant betydning for den samlede returtemperatur er ikke sikkert. I nettet sidder der i dag en række termostatstyrede omløb, der sikrer tilstrækkelig fremløbstemperatur +60 °C og ved øget flow i stikledningerne vil omløbene lukke ned for mængden, hvorfor resultatet på den samlede retur kunne være tæt på uændret. Også dette vil kræve omhyggelige dynamiske analyser eller egentlige tests for at være mere præcist.

Der er betydelige omkostninger forbundet med at drive et anlæg med en højere temperatur end absolut påkrævet, hvortil kommer at det kan være vanskelige at udnytte VE-kilder og overskudsvarme. Samlet er problematikken derfor kompleks, og det er vanskeligt at fastlægge generelle konklusioner, men med henblik på at finde den samfundsmæssigt optimale løsning er det væsentligt, at muligheder og udfordringer belyses både fra forsynings- og brugerside.

De samlede konsekvenser ved legionellasikring vha. biocid i stedet for temperaturbehandling

Vælges en biocidløsning undgår man energiomkostningerne til temperaturforøgelsen, som kun i mindre grad modsvarer af energiomkostningerne (el) til biocidanlæggets drift. Samtidig må umiddelbart forventes behov for ekstra overvågning/dokumentation, da det alt andet lige er vanskelige at kontrollere et kemisk anlægs funktion end et varmeanlæg, hvor temperaturen forholdsvis enkelt kan måles. Dette kan dog løses enkelt ved at gøre generatoren og doseringen online, så der skrives til handling i tilfælde af fejl. Et nedbrud vil kunne løses inden for nogle dage, da man har bekæmpet biofilmen i rørene og en opløststring derfor vil tage noget tid. Faren for at man ikke opdager en større legionellarisiko, er et særligt opmærksomhedspunkt.

Ud over de betydelige energi- og økonomiske muligheder ved at finde alternativer til en temperaturløsning spiller flere andre forhold en rolle ved vurderingen. Det gælder både set for den enkelte brugerinstallation og for varmeforsyningen, kollektiv eller individuel, som belyst i tabel 6-1.

"Interessant"		Fordele	Ulemper
Ejendommens brugsvands-installationer		<ul style="list-style-type: none"> • En betydelig energi, klima og økonomisk gevinst på 3 – 4 PJ fra mindre varmetab og svarende til ca. % af energiforbruget til opvarmning, jf. ... • Akutløsning for ejendomme, hvor ellers en betydelig del af varmeinstallationen må renoveres • Forholdsvis enkel løsning ved behov for 	<ul style="list-style-type: none"> • Investering i supplerende anlæg • Ekstra driftsomkostninger til biocidanlægget • For eksisterende anlæg en mindre brugsvandseffekt (længere brusebad mv.) • For nye anlæg en formodentlig lidt dyrere installation grundet lavere temperatur
Varmeforsyningen	Fjernvarme	<ul style="list-style-type: none"> • Mindre varmetab fra ledningerne • Bedre mulighed for at anvende VE (sol, store varmepumper mv.) og overskudsvarme. 	<ul style="list-style-type: none"> • For kollektive anlæg vil gevinsten ofte skulle afvente, at alle har installeret (ellers kan temperaturen ikke sættes ned), medmindre det gælder nyudstyknig
	Individuel opvarmning	<ul style="list-style-type: none"> • Generelt bedre mulighed for at anvende VE ved lave temperaturer (jordvarme, sol mv.) og varmepumper • For varmepumper en bedre effektivitet (COP) 	<ul style="list-style-type: none"> • En ekstra omkostning til biocidanlæg og evt. forøgede dimensioner • Pladskrav i en ofte komprimeret brugsvandsinstallation

Tabel 6-1 Potentiale og udfordringer ved reducerede temperaturkrav

Det har ikke inden for nærværende projekt ramme været mulighed for nærmere at belyse disse, men ud fra et samfundsmæssigt synspunkt vil det være relevant at søge at få en objektiv belysning heraf.

I tabel 6-2 er yderligere sammenfattet forskellige forhold, som spiller ind ved valg af løsning. Hvad angår løsningens betydning for CO₂-aftrykket og andre klimamæssige forhold er dette nærmere belyst i afsnit 6.2.

	Legionella-sikringsløsning	
Opmærksomhedspunkter	Temperaturløsning	Biocidløsning
Generelt	Traditionel og forholdsvis letforståelig for de fleste brugere, samtidig med at temperaturen forholdsvis let kan kontrolleres	Ny teknologi, som for brugerne kan være vanskeligere at forstå og at kontrollere
Energi	Højt temperaturkrav bevirker øget varmeforbrug til energitab, samtidig med at mulighederne for VE-energikilder og overskudsvarme forringes	Selve biocidanlægget kræver elforbrug ud over det til styringen nødvendige.
CO ₂ - og andet klimaaftryk	Fra varme Fra el til styring	Fra el til biocidanlæg Fra el til styring Desuden et ekstra aftryk fra selve anlæggets etablering
Effekt	Man får den i fht. standarderne nødvendig effekt	Man får i fht. standarderne en mindre varmtvandseffekt, så man evt. skal vente længere på næste brusebad. Alternativt skal anlæggets dimensioner øges.
Styring og kontrol	Temperaturstyring og -kontrol (traditionel) er forholdsvis enkel	Kræver særlige styringsmæssige sensorer. Tilbagestrømning i installationen

Tabel 6-2 Karakteristika for temperatur- og biocidløsning.

6.2 CO₂-aftrykket og andre klimamæssige konsekvenser

Der pågår i disse år en stigende fokus – såvel samfunds- som myndighedsmæssigt - på betydningen af løsningernes bæredygtighed, især mht. at fastlægge CO₂-aftrykket. Flere fjernvarmeforsyninger er således begyndt at deklare deres CO₂-aftryk svarende til energiforbruget, dvs. typisk CO₂-aftryk i gram per kWh. Et eksempel på dette er vist i tabel 6-3.

Emissioner

Emissioner	Måle- enhed	Fjernvarme	Bygas	Fjernkøling
Kuldioxid (CO ₂)	g/kWh	34,0	128	33,24
Svovldioxid (SO ₂)	g/kWh	0,012	0,0012	0,009
Kvælstoffilter (NO _x)	g/kWh	0,073	0,14	0,050

Fjernvarme bliver produceret i samproduktion med el, og udledningerne bliver derfor fordelt i et fast forhold mellem el og varme (200%-metoden).

Kilde: HOFOR, Miljødeklarationer for fjernvarme, bygas og fjernkøling [2022 HOFOR]

Tabel 6-3 Miljødeklarationer for fjernvarme, bygas og fjernkøling.

CO₂-aftrykket varierer naturligvis fra forsyning til forsyning, men tilsvarende ovennævnte opgørelse. Med baggrund i CO₂-aftrykket og de i afsnit 6.1 nævnte vurderede potentialer kan således beregnes et samlet sparet CO₂-aftryk på x tons såfremt temperaturen kan nedsættes, og tilsvarende på y tons såfremt, der skal kompenseres for den nødvendige temperaturforøgelse for en bedre legionellasikring i praksis.

Ved en biocidløsning indgår primært elforbruget, jf. afsnit 6.4, der ligeledes ud fra de aktuelle CO₂-aftryksdata kan beregnes.

Mht. vurdering af CO₂-aftrykkets betydning skal dog anføres, at der sideløbende med inddragelse af beregning af CO₂-aftrykket hos forsyningerne pågår en udvikling rettet mod i stigende grad at minimere fjernvarmens CO₂-aftryk. Således oplyser HOFOR i sin deklaration, at CO₂-aftrykket er faldet med omkring 30% i forholdt til året før, yderligere pågår der hos Fjernvarme Fyn et tiltag medhenblik på gennem CO₂-fangst og lagring at komme meget længere ned. Dette gør det naturligvis vanskeligt og komplekst at vurdere CO₂-aftrykket ved forskellige løsninger for sikring mod *Legionella*, og konklusionen er, at det ikke er hensigtsmæssigt at drage det ind i beslutningsgrundlaget.

6.3 Miljø- og bæredygtighedsmæssige konsekvenser inkl. LCA og korrosion

Ved anvendelse af kemikalier, filtre ifm. behandling af brugsvand og fjernvarmevand er der altid en miljømæssig skepsis, hvad enten det gælder direkte og uheldig overføring til brugerne, eller gennem langtidspåvirkning af vandressourcerne.

Som belyst i del 1, afsnit 7.3 foreligger der flere undersøgelser angående miljømæssige konsekvenser og bivirkninger ved forskellige kemiske behandlinger af brugsvandet, herunder legionellasikring gennem anvendelse af biocid. Det fremgår heraf, at konsekvenserne kan variere en del.

Hvad angår hyperklorosyre, som indgår i biocidløsningen i del 6, peger de umiddelbart mod en forholdsvis begrænset miljømæssig effekt. Dertil kommer dog en mulighed for at doseringsanlægget ikke virker eller at installationen har en uheldig opbygning, så der i perioder med lave temperaturer under 50 °C opstår mulighed for betydelige legionelladannelse. Det er derfor et væsentligt opmærksomhedspunkt.

Tilførsel af biocid kan yderligere påvirke den kemiske balance, så der lettere opstår korrosion. Såfremt klorid niveauet øges til over 250mg/L vil der være risiko for korrosion, men som det fremgår af del 6 bevirker den anførte hyperklorosyre-løsning (Neuthox) maksimalt tilførsel af 15/mgl/L, hvilket betyder, at man i Danmark ikke vil have en øget korrosionsrisiko, såfremt installation og idriftsættelse er udført korrekt.

Grundet den stigende samfundsmæssige opmærksomhed på sikring af klima og miljø pågår i disse år flere tiltag med henblik på eftervisning af bæredygtighed via gennemførelse af livscyklusanalyser (LCA). Inden for byggeriet har det yderligere udmøntet sig i myndighedsmæssige krav allerede fra 2023, jf. bl.a. Bolig- og Planstyrelsens "Vejledninger til 2023-krav om bygningers klimapåvirkning" fra 2. december 2022 [<https://bpst.dk/da/Byggeri/Lister/Nyheder>]. Det betyder i første omgang, at der i Bygningsreglementet skal præciseres krav om at lave LCA-beregninger for alt nybyggeri. For nybyggeri over 1.000 m² bliver der desuden indført grænseværdier på 12 kg CO₂ eq. / m² / år.

LCA beregnes over hele bygningens livscyklus og inkluderer derfor fremskaffelse af råvarer, produktion af byggematerialer, energi- og ressourceforbrug ved drift og vedligehold, samt bortskaffelse og eventuelt genanvendelse af bygningsdele og byggematerialer, og inden for byggeriet er planen, at kravene strammes trinvist frem mod 2029.

LCA-kravene vil naturligvis også spille ind ift. valg af forskellige løsninger for legionellasikring, men vil grundet kompleksiteten og den til dels uafklarede situation ikke blive yderligere behandlet i nærværende projekt.

6.4 Ressourcemæssig vurdering af forskellige løsninger for legionellasikring

Overvejelser angående deklARATIONER for forskellige løsninger

I projektet har været drøftet forskellige metoder til fastlæggelse og sammenligning af energi-, klima og miljømæssige konsekvenser ved forskellige løsninger for legionellasikring af brugsvandsinstallationer.

Grundlæggende har sigtet været at kunne sammenligne forskellige, relevante løsninger for nogle definerede brugsvandsanlæg ud fra en vurdering baseret på objektive parametre. Dette resulterede indledende i de i tabel 6-4 anførte parametre, og med følgende indhold:

- 1) Legionellasikring for brugsvandsinstallation: Anfør art (Temperatur/Biocid/UV etc.) og specificeret navn på produktet
- 2) Opvarmningsform: Fjernvarme/Oliefyr/Gasfyr/Varmepumpe etc.
- 3) Brugsvandsanlæg type: Veksler/Beholder/Unit etc.
- 4) Opvarmningsbehov fastlagt ud fra et specificeret anlæg i hht. Bygningsreglementet
- 5) El til regulering (pumper, styring mv.)
- 6) El til ekstra opvarmning, fx elstave som bevirker den nødvendige, højere temperatur.....
- 7) El til biocidløsning, fx drift af biocidanlæg. Fastlægges med afsæt i el-forbrug for at behandle brugsvandet under drift og svarende til BR-løsning.
- 8) Farlige kemikalier: Anfør nogle anvendte, defineret farlige kemikalier, som typisk bruges og marker inkl. hensyntagen til koncentrationen.
- 9) Mindre farlige kemikalier: Anfør nogle anvendte, defineret mindre farlige kemikalier, som typisk bruges og marker inkl. hensyntagen til koncentrationen.
- 10) Beskriv afsmitningsmuligheder og sikringer i fht. at kemikalier ledes til drikkevand, fjernvarmevand eller andet.
- 11) CO₂-aftryk fastlægges ud fra varme og elforbrug og med afsæt i typiske data (forhåndsvalgte) oplyst af forsyningsselskaberne.
- 12) Beskriv andre væsentlige klimaaftryk, fx fra produktion af kemikalier produceret eksternt ...
- 13) Udstyrets pris fastlagt som engros pris.
- 14) Installering: Omkostninger til installation evt. ud fra basistimepris og gennemsnitligt timeforbrug
- 15) Afskrivningsperiode fastlagt ud fra garanti og forventninger
- 16) Afskrivning årligt for legionellasikringen, dvs. (udstyr + installering)/afskrivningstid
- 17) Driftsomkostning til opvarmning via varme: Ud fra opvarmningsbehov og valgt pris/kWh
- 18) Driftsomkostning til El: Ud fra elektrisk- og opvarmningsbehov og med valgt pris/kWh
- 19) Driftsomkostninger til kemikalier og andre driftsmidler: eget bud
- 20) Årlig omkostning: Summeret af omkostningsbidragene.

Legionellasikring ¹⁾	Temperatur/Biocid/UV....		
Opvarmningsform ²⁾	Fjernvarme/Oliefyr/Gasfyr/Varmepumpe		
Brugsvandsanlæg type ³⁾	Veksler/Beholder/Unit/....		
	Brugsvandsanlæggets størrelse		
	Lille (én familiehus) Ydelse (kW) Ledningslængde (m)	Flerfamiliehus	Større ejendom
Energiforbrug årligt			
Opvarmning af brugsvandet i hht. BR ⁴⁾	... kWh/årligt		
El til styring ved BR-løsning ⁵⁾	... kWh/årligt		
El til extra opvarmning ⁶⁾	... kWh/årligt		
El til biocidproduktion ⁷⁾	... kWh/årligt		
Miljøbelastning årligt			
Farlige kemikalier til brugsvandet ⁸⁾	Specifikation og mængde/konc./årligt		
Mindre farlige kemikalier til brugsvandet ⁹⁾	Specifikation og mængde/konc./årligt		
Afsmitning til drikkevand og fjernvarmevand ¹⁰⁾	Specifikation i fht. drikkevand/brugsvand		
Korrosion	Specifikation max.		
Klimabelastning årligt			
CO2-aftryk ¹¹⁾ kg/årligt		
Andre mulige klimapåvirkninger ¹²⁾	Specifikation og kg/årligt		
Omkostninger anlæg & drift			
Udstyret ¹³⁾	... Kr.		
Installering ¹⁴⁾	... Kr.		
Typisk afskrivningsperiode ¹⁵⁾	Antal år		
Anlæggets afskrivning årligt ¹⁶⁾	... Kr./år		
Driftstomkostning Opvarmning ¹⁷⁾	... Kr./år		
Driftsomkostning El ¹⁸⁾	... Kr./år		
Driftsomkostning Kemikalier og andet ¹⁹⁾	... Kr./år		
...			
Årlige omkostninger ²⁰⁾	... Kr./år		

Kommentarer: Forklaring af de specificerede parametre fremgår af den ledsagende tekst

Tabel 6-4 Sammenligning af ressourceforbrug for forskellige løsninger for sikring af *Legionella*

Visionen var en slags deklaration for forskellige løsninger og med henblik på at give et objektivt grundlag for brugernes valg.

En egentlig sammenligning er imidlertid vanskelig at gennemføre, dels da nogle løsninger egner sig bedre til en bestemt installationsstørrelse end andre, eller slet ikke har overlap. Dette gælder således de to produktløsninger udviklet i projektet og beskrevet i hhv. del 5 og 6. El-booster er således primært beregnet på den enkelte bolig, enten et parcelhus eller en decentralt opvarmet bolig i en boligblok. Biocidløsningen (Neuthox) er i sin nyudviklede og demonstrerede form blevet bedre egnet mod de mellemstore bygninger med fra 6 boligenheder og opefter, men ellers stadig mest rettet mod hospitaler, plejehjem og andre større bygninger.

Som følge af ovennævnte blev i stedet besluttet at belyse problemstillingerne gennem et delvist tænkt eksempel baseret på KAB's portefølje af ejendomme og så ud fra dette vurdere forskellige trends.

Eksempel på sammenligning af løsninger for konkrete brugsvandsinstallation hos KAB

Med afsæt i en udvalgt – men virtuel ejendom blev følgende karakteristika fastlagt for en beholderløsning (tilsvarende overvejelser kan gøres for en vekslerløsning):

- Beholderstørrelse med specifikation af volumen
- Rørsystem med specifikation af volumen
- Vandtemperatur for det kolde brugsvand
- Ønsket varmtvandstemperatur
- Det tilhørende rørsystem mht. længde
- Varmetab i rør per meter
- Elforbrug
- Fjernvarmepris og elpris
- Serviceomkostning

Samt karakteristika for desinfektion:

- Antal tappesteder
- Vandforbrug per min.
- Aftapningstid i min
- Perioditet
- Samlet vandforbrug.

Efterfølgende blev følgende tre løsninger karakteriseret via bruger- og producentoplysninger:

- Temperatursikring via elstave
- Temperatursikring via en delvis tænkt el-boosterløsning men med afsæt i grundlaget belyst i delrapport 5
- Biocidløsning med afsæt i delrapport 6.

Med baggrund i det gennemførte arbejde blev uddraget den konklusion, at en omtrentlig afgrænsning mellem hvornår el-boosterløsningen og biocidløsningen er mest relevant, er en beholderstørrelse på ca. 1000 l, svarende til ca. 10 - 15 boligenheder.

Sammenfatning vedr. ressourcevurdering for energi, klima, miljø og økonomi

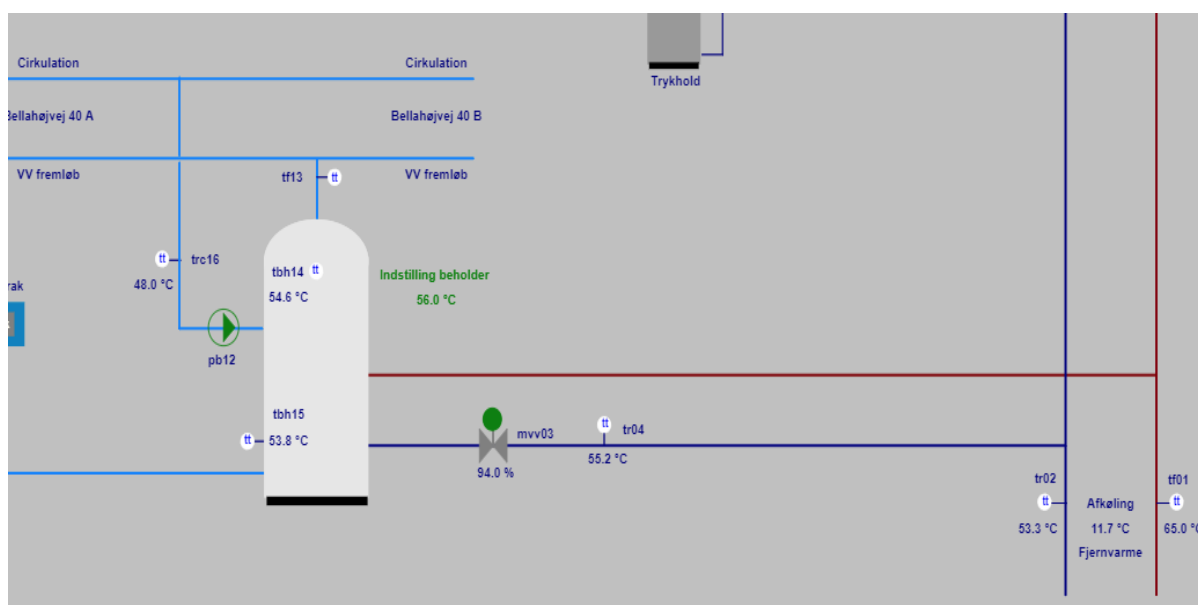
Med baggrund i de gennemførte tiltag og sammenholdelse med erfaringerne fra de i del 5 og 6 gennemførte demonstrationer er det projektgruppens konklusion:

- At forskellige legionellasikringsløsninger udviser noget forskellige konsekvenser for energi, klima og miljø og med betydelig samfunds- og brugermæssig konsekvens.

- At der for at kunne udrede de samfunds- og brugermæssigt optimale løsninger er nødvendigt med ret omfattende analyser baseret på det tiltag, der aktuelt pågår i EU og i Danmark angående indregning af bæredygtighed i forskellige løsninger, herunder gennem anvendelse af LCA-analyser. I den sammenhæng er det væsentligt at følge de krav og den udvikling, der på dette felt pågår på byggeområdet generelt.
- At det for nærværende derfor er vanskeligt at fastlægge evt. deklaraionskrav for en standardiseret håndtering, men at det er væsentligt ved valg af løsning, at være opmærksom på de forskellige konsekvenser, som er belyst i det foregående.

6.5 Udfordringerne angående en objektiv fordeling af omkostningerne ved legionellasikring

Reduceres fjernvarmetemperaturen vil det normalt bevirke umiddelbare fordele for fjernvarmeforsyningen og hermed lavere fjernvarmepriser. Bliver fjernvarmetemperaturen for lave i fht. sikring mod *Legionella* i brugerinstallationerne, må brugerne ændre på installationerne for at imødegå dette. Dette kan være små anlæg, der skal opgraderes eller større anlæg, der skal ombygges og evt. suppleres med alternativ energi for opnåelse af den nødvendige temperatur.



Kilde: KAB [2021 KAB]

Figur 6-1 Eksempel på beholderløsning ved større anlæg med forsyningsstemperatur 65 °C

De omkostninger, som en ændring af fremløbs-temperaturen bevirker kan være ganske betragtelige, som bl.a. belyst ved et temadagsindlæg ved KAB i 2021 [2021 KAB]. Med udgangspunkt i den i figur 6-1 viste installation, hvor cirkulationstemperaturen ved en fremløbstemperatur på 65 °C når ned på ca. 48 °C, lød konklusionerne således:

- En forsyningsstemperatur på 60 – 65 °C, gør det ikke muligt, at gennemføre legionellasikring i form af temperaturhævning på varmtvandsbeholderen op til 60 – 65 °C. Tit og ofte er det kun muligt at opretholde en varmtvandstemperatur på ca. 50 – 55 °C, og i perioder med stort forbrug falder brugsvandstemperaturen med mere end 5 °C
- Lav forsyningsstemperatur medfører dårlig afkøling. En afkøling over 25 °C er næsten ikke mulig, uanset beholdersystem og alder og vil bevirke ekstra afgift til forsyningselskabet.

- Ekstra afgift afregnes efter en årsbetragtning. Derfor skal den dårlige afkøling udlignes i varmeperioden, hvilket betyder, at flere KAB-afdelinger i forsyningsområder med lav forsyningsstemperatur betaler en afgift over 100.000 kr. enkelte over 400.000 kr.

Da fremtiden byder på en lav fremløbstemperatur fra forsyningerne er udfordringen derfor, at dimensionerne et varmtvandssystem, så det fra start kan opfylde afkølingskrav i kombination med temperaturhævning, for at undgå legionellabakterie dannelse. Samtidig er det vigtigt, at forsyningerne er opmærksomme på de udgifter, som en forbruger kan få ved en reduktion af fremløbstemperaturen.

For at sikre sig mod at fjernvarmeforsynings reduktion af fremløbstemperaturen ikke blot betyder, at omkostningerne overføres til forbrugerne, er det derfor vigtigt, at en ændring nøje og objektivt vurderes såvel energi- og klimamæssigt som omkostningsmæssigt. En suboptimering på brugernes bekostning har ingen mening i det overordnede mål.

Tilsvarende er det vigtigt, at brugere med konstaterede for lave brugsvandstemperaturer og afledte legionellaproblemer ikke ublu kræver en højere fjernvarmetemperatur, hvis problemet i virkeligheden ligger i installationen. Eksempelvis viste det sig ifm. de i del 3, afsnit 2.8 anførte eksempler fra Randers, at problemet ofte lå i utilstrækkelige ventiler, der skulle udskiftes.

6.6 Overliggende dilemma mellem legionellasikring og ressourceforbrug

Legionella i brugsvandet kan føre til alvorlig sygdom og i forholdsvist mange tilfælde dødsfald. Ud over de menneskelige tragedier bevirker det en række samfundsmæssige konsekvenser i form af omkostninger til hospitalsbehandling, arbejdsfravær og patientgener. Gennem det foregående har sigtet derfor været at sikre danske brugsvandsinstallationer med et maksimalt legionellaindhold på 1000 CFU/L og med en forventning om, at den meget høje danske legionellaincidens herved kan reduceres.

Omkostningerne til hospitalsbehandling, samt arbejdsfravær og gener udtrykt i forsikringsudbetalinger, er bl.a. belyst i den amerikanske ” Management of *Legionella* in Water Systems” [2020 *Legionella* Management], jf. del 2, afsnit 2.1. Det fremgår heraf, at *Legionella* både er en stor samfundsmæssig byrde ift. andre sygdomme, og at den også har meget høje omkostninger for dem, der får legionærsygdom.

Det fremgår samtidig af de foregående afsnit, at de energi-, klima- og miljømæssige konsekvenser ved legionellasikring er særdeles høje. Ved en vurdering af, hvor langt man skal gå mht. sikring mod *Legionella* må disse tal – og den etiske vurdering af menneskeliv naturligvis sammenholdes med disse udgifter. En nærmere vurdering er ikke projektgruppens opgave, men bør naturligvis indgå i den overordnede samfundsmæssige vurdering, herunder i myndighedernes udmeldinger.

7 FORBEDRINGSPOTENTIALE FOR LEGIONELLA-SIKRING OG -RESSOURCER

Gennem projektets aktiviteter er blevet arbejdet med at udvikle og demonstrere forbedringstiltag for de udfordringer, som har vist sig mht. den øgede udbredelse af *Legionella* i brugsvandsinstallationer og de afledte tilfælde af legionærsydom og død, ligesom der er fokus på konsekvenserne for energi, klima, miljø og økonomi. Potentialer i dette er sammenfattet i afsnit 7.1

Derudover har der med afsæt i udredning og drøftelser været drøftet en række andre forbedringspotentialer. Dette arbejde er belyst i de efterfølgende afsnit 7.2 – 7.9.

7.1 Projektets umiddelbare tiltag og deres mulige udvikling

Risikovurderingsværktøj angående brugsvandsinstallationernes performance mht. *Legionella*

Legionellasikring gennem afklaring af de nødvendige krav samt en risikovurdering for de enkelte installationer, såvel nye som eksisterende, har været et centralt element i projektet – og med sigte på at modvirke den uheldige trends med den løbende stigning i den danske incidens af legionærsydom, hvoraf en stor del skønnes brugsvandsinstallationer. Dette har været baggrunden for dels udredningsarbejdet, dels arbejdet med og udvikling af et risikovurderingsværktøj.

Værktøjet er beregnet på gennemførelse af risikovurderinger for større, nye såvel som eksisterende brugsvandsinstallationer samt for principvurderinger for mindre installationer, og sigtet er at sikre brugsvandsinstallationernes performance i relation til *Legionella*.

Værktøjet vurderes gennem en løbende iteration at kunne danne basis for en systematisk gennemgang af brugsvandsinstallationer med mulighed for efterfølgende forbedringer - og dermed reducere af risikoen for *Legionella*, og dermed med en forhåbentlig forbedring af den danske incidens af legionærsydom. Samtidig skal der tages hensyn til evt. præciseringer fastlagt ved den kommende implementering af EU's nye drikkevandsdirektiv.

Ressourcevurderinger tilpasset ønskerne om bæredygtighedsanalyser inkl. LCA

Gennem ressourcevurderingen er givet input til vurdering af energi, klima, miljø og økonomiske konsekvenser for forskellige løsninger. *Legionella* er klart en stor udfordring ift. behovet for at opnå bedre energi- og klimalløsninger, ikke mindst i lyset af den aktuelle markedsknaphed på energiressourcer. Derfor ligger der yderligere potentiale i at få data og andet grundlag for sådanne vurderinger forbedret herunder i sammenhæng med det pågående arbejde med livscyklusanalyser (LCA). Dette gælder eksempelvis også udredning af et mere databaseret grundlag for vurdering af energisparegrundlaget ift. komfortbehovet.

El-booster unit for sikring af den nødvendige brugsvandstemperatur

El-boosteren har den funktion, at den overvåger det varme brugsvandssystem ved kontinuerligt at måle på temperaturen i brugsvandsfremstilleren og returen på cirkulationsstrengen. Samtidig måler den også på, hvor koldt det kolde vand er, der løber ind i brugsvandsfremstilleren, samt hvor tit vandet udskiftes og med hvilken hastighed i cirkulationsstrengen. Herved kan styringen overvåge, at det varme brugsvand overholder de nuværende danske krav – og tilpasses evt. skærpelser, ligesom den giver alarm, hvis temperaturen falder under grænseværdierne. Ud over den kontinuerlige overvågning af de vigtige parametre, som har indvirkning på *Legionella*, foretager El-boosteren også en termisk behandling af det varme brugsvandssystem når det er "nødvendigt". For systemer med cirkulation på det varme brugsvand, sker der en termisk behandling af brugsvandsfremstiller, varmtvandsrør og cirkulationsstrengen. For systemer uden cirkulation er det kun

brugsvandsfremstilleren der kan foretages en termisk behandling af. For at den behandling skal have en virkning på hele systemet bør der dog også åbnes for tappestederne, således af hele systemet kan varmebehandles. Der vil derfor potentiale i at udvikle automatiske tappearmatuere som kunne arbejde sammen med styringen i EI-boosteren, således at der blev åbnet for tappestederne under den termiske desinfektion.

Biocidløsning med særligt energisparepotentiale

Biocidløsningen med anvendelse af hypoklorsyre, hvor Neuthox, som DCW kalder det, laves ud fra kogesalt og er blandt de mest miljøvenlige alternativer til temperaturbehandling. I projektet har DCW arbejdet på en ny teknologisk løsning og på at belyse og dokumentere teknologiens effektivitet. Der pågår aktuelt demonstration af den nyudviklede teknologi. Resultaterne herfra – såvel som fra anvendelse af teknologien hos KAB tegner lovende – og i særdeleshed, hvor det ikke er muligt eller økonomisk krævende at anvende temperaturløsninger. Gennem en formel myndighedsaccept inkl. krav til den nødvendige dokumentation vil løsningen kunne føre til et egentligt paradigmeskift i den traditionelle opfattelse af varmtvandsystemer, da den ikke er afhængig af høje, energikrævende temperaturer.

7.2 Opstramning af standarder og vejledninger samt hensyntagen til EU drikkevandsdirektiv

Vejledninger tilpasset de skærpede temperaturkrav

Gennem projektarbejdet er konstateret, at de nuværende danske krav, om mindst 50°C ved tapstedet og over 55 °C ved opvarmningsdelen, er i den lave ende sammenlignet med udlandet, men samtidig at de synes acceptable, såfremt de bliver fulgt til punkt og prikke. Ifm.

temperaturgymnastik som kompensering for lidt for lave temperaturer suppleres ofte med en såkaldt løbende desinfektion. Her er det et problem, at de hidtil anvendte temperaturer på 60 - 65 °C ikke synes tilstrækkelige for sikring med *Legionella*.

Flere forhold, herunder undersøgelser af brugsvandsinstallationer ifm. konstateret legionærsygdom og misforståelser ift. udenlandske anvisninger, peger yderligere på, at en af de store udfordringer er, at de i praksis forefindende temperaturer ofte ikke lever op til kravene.

Afledt af ovenstående vil både en vis tydeliggørelse i standarder, og vejledninger, især mht. temperaturkravene, være på sin plads. Således at der kommer fokus på dette område, da der er meget, som tyder på, at der mange steder bliver fokuseret mere på energioptimeringen, mens legionellasikringen er gledet noget i baggrunden.

Checklister og instruktioner for komponenter og anlæg

Ofte er der hos udførende og brugere ikke tilstrækkeligt kendskab til eller baggrundsviden for at kunne bedømme brugsvandsinstallationernes tilstand. Det vil her kunne være hensigtsmæssigt med enkle checklister, fx afledt af risikovurderingen i afsnit 7.1. Her kunne bl.a. fremgå:

- Tomgangsventil på primærsiden af fjernvarmeunits – må ikke stå lavere end at der kontinuerligt kan holder 50 °C ved yderste tappested. Samt at for systemer uden cirkulation af det varme brugsvand skal tomgangsventilen sikre, at stikledningen holdes så varm, at der altid kan opnås 50 °C ved yderste tappested, også ved mindre aftapninger.

- Temperatur i brugsvandsfremstiller skal holdes over 50 °C, gerne 55 °C, således at de 50 °C på yderste tappested, samt i cirkulationskredsen, kontinuerligt kan holde de 50 °C. Findes der en standby funktion på reguleringsventilen, som holder brugsvandet ved en lavere temperatur når der ikke er noget flow, må denne ikke stilles lavere end 50 °C.
- For varmepumpeanlæg og fjernvarmeunits er ovennævnte også gældende, selv om det for varmepumpen koster noget på COP faktoren, og for fjernvarmeuniten giver en højere returtemperatur.
- Alle termiske/statiske/dynamiske regulerings ventiler gennemgås for at sikre at de fordeler varmen korrekt ud i systemet. Såfremt de enten er stoppet til eller ikke fungerer kan varmen ikke nå ud i hele systemet hvilket er kritisk.
- Ventil indstilling for cirkulationskredsen, må ikke stå lavere end at der kontinuerligt kan holdes 50 °C i hele cirkulationskredsen.
- Har brugsvandfremstilleren en størrelse som giver en udskiftningstid på vandet på ca. et døgn.

Ligeledes kunne det være obligatorisk med medlevering af korte og instruktive vejledninger angående legionellahåndtering ved levering af fx en unit eller et biocidanlæg. Dvs. vejledning omhandlende drift af brugsvandsinstallationer og håndtering af afvigelser.

Tydeliggørelse af grænseværdier

Ved vurdering af, om en brugsvandsinstallation er kritisk mht. *Legionella*, tages afsæt i vejledninger udarbejdet af Statens Serum Institut, og som anfører grænseværdien (< 1000 CFU/L). Der foreligger dog ikke egentlige myndighedskrav på området, hvilket ofte gør vurderingen usikker. Det vil være hensigtsmæssigt, bl.a. ifm. implementeringen af EU's drikkevandsdirektiv, at indføre en myndighedsrelateret præcision på området.

Påvirkning af standarder og vejledninger i øvrigt

Gennem flere af projektpartnerenes deltagelse i standardiseringsarbejde i relation til Dansk Standard og den europæiske standardiseringsorganisation CEN er noteret betydningen af at kunnet udnytte udredningsresultaterne i de pågældende standardiseringsmæssige sammenhænge. Det gælder bl.a. DS/EN-standardiseringsudvalg DS S-314 Vandforsyning, som bl.a. inkluderer arbejdet i det europæiske CEN/TC 164 Water supply, men som også netop er ved at reviderer vandnormen DS439, og her ville det være oplagt at få tydeliggjort kravene for legionellasikring.

Implementering af EU's drikkevandsdirektiv

EU's nye drikkevandsdirektiv, der aktuelt er under implementering, dækker også brugsvandsinstallationer og udviser betydelig fokus på legionellaproblematikken, herunder også som del af risikovurdering af kritiske drikkevands- og brugsvandsinstallationer. Der må forventes at ligge en opgave i at få dette implementeret i de danske myndighedskrav og vejledninger. Aktuelt.....

7.3 Paradigmeskift gennem inddragelse af biocid og andre alternativer i myndighedskrav

Grundet de temperaturmæssige udfordringer er interessen for alternative teknologiløsninger øget. Der er dog en vis træghed i dette og ikke umiddelbart myndigheds-relaterede foregangsløsninger eller anvisninger om dokumentation at hælde sig til; dette må anses for yderst ønskeligt for at

fremme udviklingen. Det gælder både for at fremme nye teknologier men også for at sikre sig den nødvendige dokumentation, så man i sin fokus på de nye muligheder ikke får indbygget eller overset særlige risici, herunder at ubehandlede dele af installationen svækkes, eller at der opstår uheldig korrosion.

Mere aktiv handling, såvel som vejledninger vil klart styrke mulighederne for at geare sig mod de mest energi- og klimavenlige løsninger.

Myndighedskravene er i den forbindelse i dag en barriere i Danmark, såvel som udlandet, da man her primært har fokus på temperaturbaserede løsninger for sikring mod *Legionella*. Yderligere savnes anvisninger og vejledninger, som kan medvirke til at udvikle og dokumentere nye teknologiske løsninger.

I Danmark er der en god tradition for at åbne op for funktionskrav. Det er vigtigt, at denne opmærksomhed også gælder ift. *Legionella* men sådan, at der samtidig via krav om dokumentation og kontrol sikres den nødvendige effekt i hele installationen. Dvs. så man i sin iver ikke får etableret løsninger, der giver uforudsete eller større problemer i de dele af installationen, som ikke har været inddraget.

Etablering af et udvalg med henblik på i et samspil med myndighederne at skabe grundlag for anvendelse af biocider ved vandtemperaturer under 50 °C, som kunne udfærdige kravspecifikation og dokumentationskrav, vil således være et yderst relevant sted at sætte ind.

7.4 Etablering af simuleringsmodeller for analyse af temperaturløsninger mv.

Den stærkt øgede energi- og klimamæssige opmærksomhed har skærpet interessen for at finde de mest energioptimale temperaturløsninger, som giver tilstrækkelig sikkerhed for, at man ikke får *Legionella* i brugsvandet. For at nå dette vil det i projekteringsfasen, specielt angående mange ensartede installationer, være nyttigt med strømningsmæssige simuleringsværktøjer for undersøgelse af alternative installationer.

Det arbejdes derfor flere steder i udlandet på sådanne værktøjer, eksempelvis på Ghent University, <https://www.ugent.be/ea/architectuur/en/research/research-groups/building-physics/lowatter>, og hos Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations (REHVA), <https://www.rehva.eu/>.

Det vil udviklingsmæssigt for komponenter og projektering være befordrende at få dansk adgang til eller deltage i sådanne tiltag, men det vil utvivlsomt kræve et målrettet universitetsmæssigt engagement.

7.5 Bedre kundskaber og løbende kontrol fx via energimærkning og energitilsyn

Forbedret opfølgingsgrundlag hos de dagligt ansvarlige bl.a. gennem efteruddannelse

En af de store udfordringer har vist sig at være, at indsigten i *legionella*-udfordringerne ofte er svagt hos installatører og de viceværter og andre, der i det daglige betjener anlæggene, samt at slutbrugerne ikke har mulighed for at vurdere, hvordan deres anlæg i praksis fungerer ift. *Legionella*.

Angående det første peges fra flere på, at der mangler oplæring bl.a. grundet, at der ikke er samme uddannelsesmæssige baggrund som tidligere....

Derudover vil vejledning fra leverandørerne, om hvordan man sikres sig i den daglige drift vil være et nærliggende element, ligesom det er væsentligt at brugerne via alarmering eller andet kan blive gjort opmærksom på, såfremt der er mulige, udfordrende afvigelser i driften.

Etablering af kontrol fx med afsæt i eksisterende energikontrolordninger

Det er næppe muligt alene via undervisning at få sikret den nødvendige opfølgning. I projektgruppen har været peget på mulighederne for at inddrage en vis legionellakontrol ifm. de eksisterende energikontrolordninger på området.

For de mindre boligernes vedkommende fx ifm. energimærkning, hvor der alligevel er en teknisk kyndig person der tilser bygningen. Og hvor en kort gennemgang af brugsvandsinstallationen kunne sikre, at den levede op til de nuværende temperaturkrav, eller kunne bringes til at gøre det. Dermed kunne mange af problemerne bringes frem i lyset. Dette ville samtidig også være et meget relevant kontrolpunkt, da energiforbruget og dermed det opnåede energimærke, alligevel ikke vil være retvisende, hvis der køres med for lave temperaturer på det varme brugsvand.

For større bygninger kunne denne legionellakontrol i stedet udføres i fm. energisyn. Disse brugsvandsanlægge er dog typisk væsentligt mere komplekse, hvorfor det også kræver noget mere viden for at kunne udføre denne legionellakontrol. Mange af problematikkerne er dog de samme som for de mindre installationer, men inddragelse af dokumentation for logbøger for den daglige drift, samt oplysninger om opbygningen af selve brugsvandsanlægget, ville kunne være til stor hjælp i kontrollen. På den anden side er vigtigheden af en grundig kontrol dog også åbenlys, da det omhandler mange flere brugere.

7.6 Videninitiering og formidling af erfa bl.a. fra konstaterede tilfælde med *Legionella*

Udbygning af systematisk videnbasis vedr. *Legionella* og brugsvandsinstallationer

Det har fra den ingeniørmæssige side i høj grad overrasket, hvor lidt samlet systematik og sammenhæng, der findes angående dokumentation vedr. *Legionella*'s vækst og reduktion i relation til biofilm. , herunder mht. en udbygning af de kurver og grafer, som med forholdsvis stor vægt har været anvendt ifm. fastlæggelse af krav til installationerne og deres temperaturer. Det peger på behovet for en vis målrettet forskning og test for at styrke det videnmæssige grundlag, herunder så *Legionella*'s temperatur-afhængighed kan indregnes i løsningerne.

Etablering og udnyttelse af viden om brugsvandsinstallationer ifm. konstaterede legionærsygdom

Det er i tilknytning til ovennævnte uheldigt, at der i dag ikke journaliseres karakteristika for brugsvandsinstallationerne ifm. konstatering af legionærsygdom, hvor man har mistanke til at det skyldes brugsvand, dvs. i c. 50% f tilfældene, jf. del 2, afsnit 3.1. Der ligger her en mulig viden til både at øge viden om *Legionella*'s udvikling og om installationerne inkl. årsagerne til, at det går galt.

Tydeliggørelse af de økonomiske og klimamæssige konsekvenser

Sam anført i afsnit 6.1 tegner der sig en betydelig usikkerhed angående de økonomiske og klimamæssige cost benefits ved forskellige løsninger for legionellasikring, og hvor de samfundsmæssige konsekvenser kan være betydelige, og hvor det ikke inden for nærværende projektramme at gå i dybden. Det vil være hensigtsmæssigt, om der i den videre fokus på forsyningssikkerhed og bæredygtighed tages ind i en overordnet sammenhæng.

7.7 Ny teknologi med øget samspil samt spilleregler for opnåelse af anerkendelse

Ny teknologi er en generelt væsentlig tilgang for løsning af legionellaudfordringerne, hvor mange nye teknologier er et naturligt udspring af det øgede behov for energibesparende løsninger.

For at kunne udnytte fordelene ved den nye teknologi vil der dog være behov for både uvildige dokumentations- og demomuligheder, som for tidligt at kunne tilpasse det til love, regler og anvisninger på området, jf. afsnit 7.2.

Dette kunne eksempelvis bestå i at muligheder for anvendelse af nye teknologier var indpasset i lovgivningen med supplerende test- og dokumentationskrav på uvildig form evt. i kombination med risikovurderinger og andre valideringstiltag. Gennem løbende samspil med myndigheden angående dette ville der samtidig kunne komme en løbende justering og tilpasning af kravene mht. mulighederne for at implementere alle fordele ved de nye teknologier og undgå ulemperne.

Samspil mellem brugsvandsinstallation og tapsted vil kunne fjerne døde ender

I fremtidens løsninger vil det være naturligt med et tættere samspil med brugsvandsinstallationen og de enkelte tapsteder, bl.a. afledt af indbygning af små temperatursensorer og på et tidspunkt suppleret med måling af indholdet af *Legionella*. Ved behov for termisk desinfektion vil man derved automatisk kunne åbne for et lille flow gennem de forskellige armaturer, som indgår i systemet. Herved kan opnås en sikker behandling af hele det varme brugsvandssystem. Det er klart, at der ligger nogen udfordringer i dette, da det dels skal sikres at de indgående komponenter kan arbejde sammen, men også skoldningsfaren ved det enkelte tapsted skal tænkes ind i løsningen.

UV baseret på LED og andre nye teknologier giver nye muligheder

Anvendelse af ultraviolette (UV) behandlingssystemer for bekæmpelse af *Legionella* og andre bakterier er en efterhånden ældre og anerkendt teknologi, men også usikker og dyr bl.a. grundet lampernes holdbarhed og løbende behov for udskiftning. Den gennemførte research har vist, at flere påpeger nye UV-muligheder baseret på nye, mindre og mere stabile LED-lamper, og som en effektiv måde at forhindre *Legionella* i brugsvandet. De første bruserarmaturer er på markedet men der ligger udfordringer i at udvikle og demonstrere det som led i en samlet løsning for tapsteder. I takt med de udviklingsmæssige resultater kan samtidig opstå en dilemma angående så at inddrage det i en graduering af de grænseværdier for *Legionella* i installationerne, som er omtalt i afsnit 7.2.

Nye sensorer for bl.a. måling af *Legionella* on-line vil give nye muligheder

Måling af *Legionella* in-line og on-line vil give mulighed for løbende at overvåge og tilpasse temperatur og andre driftsforhold. Det vil kunne revolutionere overvågningen af *Legionella* i brugsvandsinstallationerne, herunder styrke mulighederne for en mere energiøkonomisk drift, men samtidig kræve sikkerhed for deres funktion og kalibrering. Yderligere vil det i kombination med andre sensorer og anden dataopsamling kunne give den nødvendige indsigt i, hvordan *Legionella* udvikler sig og reduceres i samspil med bl.a. biofilm.

Desværre gav et afsluttet EU-projekt (Posiedon), såvel som andre tiltag vedrørende udvikling af en sådan sensor, ikke det ønskede resultat, se del 1, afsnit 2.3, og bl.a. argumenteret med, at der ikke var et tilstrækkeligt marked. Her vil den generelle udvikling og udbredelse angående mikrosensorer dog let kunne overraske med nye tiltag, om end *Legionella* er vanskelig at måle på.

7.8 Andet, herunder vedr. hospitaler, plejeboliger mv.

Der pågår aktuelt mange forskelligartede tiltag angående sikring mod *Legionella*. Nogle har fokus alene på den sundhedsmæssige side, andre har som i Danmark stor opmærksomhed rettet mod de udfordringer, som *Legionella* bevirker ift. de energi- og klimamæssige udfordringer. Med henblik på sikring af et dansk miljø, der effektivt arbejder frem mod optimale løsninger både mht. den sundhedsmæssige side, og mht. energi- og klima vil det være væsentligt at sikre løbende opdatering og samspil med de udenlandske tiltag angående *Legionella* og brugsvandsinstallationer, herunder eksempelvis EPA (USA), Ghent University og REHVA.

I Danmark findes ca. 2.750.000 danske boliger plus kontorer og andre anlæg med brugsvandsinstallationer. Det primære fokus i projektet har været de installationer, der forsyner beboere eller brugere med varmt brugsvand. For hospitaler, plejeboliger mv. gælder særlige udfordringer..., da de i høj grad vedrører mennesker med svækket immunforsvar, hvilket øger risikoen for en fatal udgang af at blive smittet med *Legionella*. Man har derfor behov for at sikre sig yderligere, hvilket betyder, at man i Danmark ser anvendt både højere temperaturer end de hidtil omtale, såvel som sikring via biocid.

Særlige forhold angående hospitaler, plejeboliger mv.

I projektet har deltaget flere interessenter i ovennævnte sammenhæng. SSI har særlige forpligtigelser på området og udgav i 2000 vejledningen "*Legionella* i varmt brugsvand – Overvågning, udredning og forebyggelse af legionærsygdom", som i betydelig grad dækker området. På brugersiden naturligvis især Projektkontoret/Region Sjælland med ansvar for løsninger beregnet på hospitaler, men også KAB med ansvar for flere plejehjem og mange ældreboliger, og på leverandørsiden især DCW med generatorer og øget udstyr for produktion og tilsætning af hyperklorosyre (Neuthox).

Betydningen af at yderligere sikre denne målgruppe mod *Legionella* fra brugsvandet har derfor også været et naturligt supplerende emne for projektets drøftelser.

REFERENCER – DEL 4

År-Måned-Dag...

2005 Bruun - HACCP et værktøj til risikostyring i Vandforsyningen, Adam Bruun/Teknologisk Institut, Miljøprojekt Nr. 989, 2005

2005 Quantative] (phd thesis) A Quantative Microbial Risk Assessment Model for Human Inhalation Exposure to...

2007 Quantitative Microbial Risk Assessment Model for Legionnaires' Disease: Assessment of Human Exposures for Selected Spa Outbreaks, J. Occupational and Environmental Hygiene, 2007-08

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

2008 Legionnaires' disease: evaluation of a quantitative microbial risk assessment model, Journal of Water and Health, July 2008

2011 A probabilistic expert system for predicting the risk of Legionella in evaporative installations, Expert Systems with Applications, Elsevier 2011

2011 DANVA-rapport 86 - "Grønbog: Fremtidens Vandsektor - Resultatet af Innovationsdøgnet for interessenter, 2011

2014 Perez - Fault tree analysis as a tool for risk assessment and its use for Infrastructure Asset Management in water utilities; Ana Isabella Navarrete Pérez and Rita Ugarelli, NTNU, 2014

2016 WHO – Drinking water risk assessment, WHO

2016 WHO Quantitative risk - Quantitative Microbial Risk Assessment: Application for Water Safety Management, WHO

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 FMEA Juran - Guide to Failure Mode and Effect Analysis – FMEA, Juran, April 2, 2018

2020 EU-Drikkevand - 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 GUM – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, Supplement 6, BIPM – the international organization established by the Metre Convention, 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

2021 Legionellatemadag-Buhl - Eksempel på større risikoanalyse for forurening af drikkevand fra spildevand hos HOFOR, Leon Buhhl, Teknologisk Institut

2022 ASQ – Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), ASQ, 2020 - <https://asq.org/quality-resources/fmea>

2023-03-23

2022 Murphy - FMEA and HACCP: A comparison; Steve Murphy & Marc Schaeffers, Datalyzer International, 2022 <https://datalyzer.com/wp-content/uploads/2017/03/FMEAandHACCP.pdf>

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

[2021 KAB] Udfordringer med lav forsyningstemperatur, Indlæg ved Brian Kaarsberg, KAB Teknik ved Legionellatemadag, juni 2028.

2022 HOFOR – Miljødeklarationer; HOFOR; <https://www.hofor.dk/baeredygtige-byer/beregnco2/miljoedeklarationer/>

2021 Varmeplan DK - Varmeplan Danmark 2021 - En Klimaneutral Varmeforsyning, Aalborg Universitet, Mathiesen, Brian Vad; Lund, Henrik; Nielsen, Steffen; Sorknæs, Peter; Moreno, Diana; Thellufsen, Jakob Zinck, 2021

2022 BPST - "Krav Om LCA-Beregninger I 2023", BPST, <https://bpst.dk/da/Byggeri/Lister/Nyheder> og <https://bygherrepartner.com/krav-om-lca-for-nybyg-i-2023/>

BEGREBER OG FORKORTELSER

<i>Legionella</i>	Der er i de faglige rapporter valgt at følge den korrekte mikrobiologiske skrivemåde, hvor navnet er anført med stort begyndelsesbogstav og i kursiv. I mere generelle artikler og sammenhænge anvendes Dansk Sprognævns angivelse med lille begyndelsesbogstav og i normal skrift.
<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). Relevante begreber for metoder til legionellasikring er defineret og belyst i del 3, tabel 5-6.
BR	Bygnings Reglementet udgivet af Bolig- og Planstyrelsen med baggrund i gældende dansk bygge Lovgivning
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
Influensparameter	Fysisk, kemisk eller anden påvirkning, som influerer på risikoen for <i>Legionella</i> i en brugsvandsinstallation, fx vandets temperatur, strømningsforhold, vandtryk og vandkvalitet
ISO	International standard udgivet af ISO, den Internationale Standardiserings Organisation
qPCR	quantitative Polymerase Chain Reaction og er en teknologi benyttet til kvantitativ måling af DNA ved hjælp af Polymerase Chain Reaction
Risiko	En risiko defineres som sandsynligheden for, at en fare vil forårsage skade, og alvorligheden af konsekvenserne af, at dette sker. StoreDanske: "Udtryk for sandsynlighed og konsekvenser af en uønsket hændelse, i daglig tale dog ofte kun om sandsynlighed." Den uønskede hændelse kan fx være et uheld eller en skade, som en person eller en ting udsættes for. I det aktuelle tilfælde gælder det tilstedeværelse af <i>Legionella</i> i brugsvand, så personer i uheldige tilfælde kan få legionærsygdom.
Risikofaktor	Omstændighed, der har betydning for, hvor risikabelt noget er. Er her relateret til de omstændigheder, som påvirker risikoen for <i>Legionella</i> , fx ved gennemgang af brugsvandsinstallationen og dens komponenter og under hensyntagen til de forskellige influensparametre.

2023-03-23

Risikovurdering	Risikovurdering er en vurdering af risici i forbindelse med en aktivitet. Aktiviteten kan være en investering, et projekt, en rejse etc. Risikovurderinger er en struktureret fremgangsmåde, hvor vurderingen af risici bliver så objektivt som muligt. v/ Wikipedia
WHO	World Health Organization, den internationale sundhedsorganisation

BILAG – DEL 4

BILAG 1 Risikovurderingsværktøj LegionellaRisk

BILAG 2 Vurderingstabeller for influensparametre og afledte effekter

BILAG 3 Eksempler på anvendelse af LegionellaRisk

Del 4 – Bilag 1 Risikovurderingsværktøj LegionellaRisk

Værktøjets opbygning fremgår af figur 4-2 og 4-3 i afsnit 4.2.

Indledende og overordnede data for en brugsvandsinstallation indføres i de indledende rækker.

A		B		C		D		E		G		H		J		
1	Del 2	S.B.														
2						Oprindelige system		143								
3						Efter alle tiltag		27								
4																
5	Delsystem	Influensparameter			Konsekvens		Sandsyn./ frekvens		Kontrol		Risikobidrag	Forslag til tiltag		Effekt		
6	System/komponent	Parameter (vælg fra liste)		Værdi (vælg fra liste)		Potentiel effekt (kan overskrives)		K O N S	Mulig årsag (vælg eller skriv)	S A N	Procedure (vælg eller skriv)	D E T	R I S	Tiltag (skriv el. vælg)	Ny parameterværdi (vælg fra liste)	K O N S
7		Hvilken parameter undersøges?		Hvilken værdi antage parameteren? (husk at angive konsekvens, hvis liste ikke benyttes)		Effekt/detaljer (autoudfyldes - kan overskrives)		Konsekvens (auto-udfyldes)	Årsag: Vælg fra liste eller skriv alternativ årsag Tilføj evt. forklaring	Hvor ofte sker det? (1 = altid)	Er der en procedure til at undgå konsekvensen?	Effektivitet	Risiko-bidrag	Hvad kan gøres for at minimere konsekvens og/eller sandsynlighed?	Hvilken ny værdi antage parameteren? (husk at angive konsekvens, hvis liste ikke benyttes)	Konsekvens (auto-udfyldes, men kan overskrives)
8	Information	Anvendelse		Bolig: Lejligheder		Etageboliger op til 4. sal		0		1		0%	0			0
9		Boligtype		Lejligheder		0		0		1		0%	0			0
22		Andet (forklar i næste felt)				0		0		1		0%	0			0
23						0		0		1		0%	0			0
24	Installation, overordnet	Kompleksitet_af_installation		(angiv)		0		0	(tilføj evt. forklaring eller årsag i dette felt)	1		0%	0			0
25		Blødgøringsanlæg		Ikke relevant; Der er ikke installeret blødgøringsanlæg				0		1		0%	0			0
35						0		0		1		0%	0			0

Navnet på installationen

Scoren for den oprindelige installation og for installationen med alle forbedringstiltag gennemført. Disse data overføres samtidig til Resultatark.

Overordnede data angående installationen

Disse oplysninger giver overblik over installationen og kan suppleres med kommentarer. Oplysningerne indgår ikke i selve risikovurderingen.

Risikovurdering af brugsvandsinstallationen sker derefter ved at gennemgå de enkelte hovedkomponenter (1 Drikkevandsforsyning, 2 Evt. behandling af drikkevandet (blødgøring), 3 Opvarmningsenhed etc.) og de risikofaktorer, der er knyttet til disse, jf. tabel 5-2 (Vurderingstabel 2A, 2B etc.).

De valgmuligheder, som er udviklet for de enkelte risikofaktorer, fremkommer via rullemenuer og med baggrund i vurderingstabellerne i bilag 2.

Risikofaktorvurdering med score **Forbedringsforslag og revideret score**

Delsystem	Influensparameter		Konsekvens		Sandsyn./ frekvens		Kontrol	Risikobidrag		Forslag til tiltag		Effekt af tiltag				
	System/ komponent	Parameter (vælg fra liste)	Værdi (vælg fra liste)	Potentiel effekt (kan overskrives)	K O N S	Mulig årsag (vælg eller skriv)	S A N	Procedure (vælg eller skriv)	D E T	R I S	Tiltag (skriv el. vælg)	Ny parameterværdi (vælg fra liste)	K O N S	S A N	D E T	R I S
		Hvilken parameter undersøges?	Hvilken værdi antage parameteren? (husk at angive konsekvens, hvis liste ikke benyttes)	Effekt/detaljer (autoudfyldes - kan overskrives)	Konsekvens (auto-udfyldes)	Årsag: Vælg fra liste eller skriv alternativ årsag Tilføj evt. forklaring	Hvor ofte sker det? (1 = altid)	Er der en procedure til at undgå konsekvensen?	Effektivitet	Risikobidrag	Hvad kan gøres for at minimere konsekvens og/eller sandsynlighed?	Hvilken ny værdi antage parameteren? (husk at angive konsekvens, hvis liste ikke benyttes)	Konsekvens (auto-udfyldes, men kan)	Ditto	Ditto	Risikobidrag
3	Installation, overordnet	Kompleksitet_af_installation	Lidt kompleks; Installation kan let overskues, men enkelte dele kan være uklare	Risiko for at enkelte uønskede forhold ikke bemærkes	0	(tilføj evt. forklaring eller årsag i dette felt)	1		0%	0			0	1	0%	0
4		Blødgøringsanlæg	Service OK; Service og vedligehold OK	-	4		1		0%	3			2	1	0%	3
5		Legionellasikring	Service OK; Service og vedligehold OK	-	0		1		0%	15			4	1	0%	15
6					0		1		0%	0			0	1	0%	0

Rækker med komponenter og risikofaktorer

Komponent

Risikofaktor

Vælg i rulletekst

Effekt: Vælg forslag eller overskriv

Årsag: Vælg forslag eller overskriv

Procedure: Basis "Ingen"

Ny værdi: Vælg forslag eller overskriv

Tiltag: Vælg forslag eller overskriv

Der udregnes ud fra gennemgang af brugsvandsinstallationen afsluttende en samlet score, dels for selve brugsvandsinstallationen, dels for brugsvandsinstallationen og tapsted, se bilag 3. Herudover suppleres med vurderinger ud fra prallalle og betingede kriterier. De forskellige vurderinger bedømmes afsluttende ved en sammenholdelse med typiske risikoområder og en tilhørende farvemærkning.

Del 4 – Bilag 2 Vurderingstabeller for risikofaktorer for *Legionella*Risk

Gennemgang af brugsvandsinstallation

Vurderings-Tabel nr.	Titel	Del 4 afsnit
2A 2B	Kompleksitet af installation Installationens tilstand og funktion	5.2
3A 3B	Materialer Isolering	5.3
4A 4B	Vandbehandling-Blødgøring Vandbehandling-Legionellasikring	5.4
5A * 5B * 5C *	Vandtemperatur (koldt og varmt) Vandtemperatur-Termisk behandling Vandtemperatur-Biocid behandling	5.5
6A 6B 6C 6D	Vandudskiftning-Døde ender # Vandudskiftning-Ledninger i drift Vandudskiftning-Beholder Lagdeling i beholder	5.6
7A	Udstyr (måling, regulering, styring og overvågning)	5.7
8A	Tapsted (bruserhoved og -slange)	5.8

* "5ABC Vandtemperatur samlet" omfatter alle tre tabeller

Inkl. koblingsledninger

Parallele og supplerende bedømmelser (tabeller placeret sidst i bilaget)

Vurderings-Tabel nr.	Titel	Del 4 afsnit
4L 5F	Vandkvaliteten mht. <i>Legionella</i> Fjernvarmetemperaturen	5.4 5.5

Vurderingstabeller for gennemgang af brugsvandsinstallation

2A Komplexitet af installation

Værdi	C	Beskrivelse	Effekt
Simpel	0	Installation kan let overskues	IAB (intet at bemærke)
Lidt kompleks	2	Installation kan let overskues, men enkelte dele kan være uklare	Risiko for at enkelte uønskede forhold ikke bemærkes
Kompleks	5	Installation kan kun delvis overskues, og flere punkter er uklare	Risiko for at flere uønskede forhold ikke bemærkes
Meget kompleks	8	Installationen er svær at overskue delvis	Stor risiko for at de fleste uønskede forhold ikke bemærkes
Yderst kompleks	10	Installationen er i praksis ikke mulig at overskue i sin helhed	Stor risiko for at alle uønskede forhold ikke bemærkes

Udarbejdet af: HKJE, LSB
 Dato, 1. version: 23-06-2022
 Dato, seneste opdatering: 06-07-2022
 Kildemateriale: Delrapport 4, afsnit 5
 Bemærkninger:

2B Installationens tilstand og funktion

Værdi	C	Beskrivelse	Effekt
Ny (< 2 år)	0	Ny, fuld funktionalitet kan forventes	Ingen
Nyere (2 - 10 år)	1	Relativt ny, men enkelte komponenter kan have funktionsnedsættelse	Minimal risiko for funktionssvigt
Nyere (2 - 10 år)	2	Virker lidt slidt	Lille risiko for funktionssvigt
Middel (10 - 20 år)	4	Begyndende funktionsnedsættelse på rør og komponenter	Risiko for funktionssvigt
Middel (10 - 20 år)	6	Ser temmelig slidt ud	Betydelig risiko for funktionssvigt
Ældre (20 - 50 år)	8	Forventelig funktionsnedsættelse på rør og komponenter	Stor risiko for funktionssvigt
Gammel (>50 år)	10	Den forventede tekniske levetid er overskredet	Meget stor risiko for funktionssvigt

Udarbejdet af: HKJE, LSB
 Dato, 1. version: 27-06-2022
 Dato, seneste opdatering: 15-11-2022
 Kildemateriale: Delrapport 4, afsnit 5
 Bemærkninger: Supplerende tilstandsvurderinger indføjet

3A Materialer

Værdi	C	Beskrivelse	Effekt
Rustfrit stå svejst	0	Installationen er udført af rustfrit stålør med pressesamlinger	Meget lille risiko for bakterier
Rustfrit stål	2	Installationen er udført af rustfrit stålør	Risiko for bakterier i spalter
Plast	2	Installationen er udført af plastrør	(Glat overfladebarriere)
Kobber	4	Installationen er udført af kobberrør	Kobber kan reducere bakterievækst, men risiko for belægninger
Galvaniseret stål	8	Installationen er udført af galvaniserede stålør	Øget indvendigt overfladeareal og reduceret gennemstrømning korrosion
Jernledninger med kalk	10	Installationen er udført i jernør og er meget tilkalket/begroet	Meget stor risiko for bakterier

Udarbejdet af: HKJE, LSB
 Dato, 1. version: 27-06-2022
 Dato, seneste opdatering: 01-02-2023
 Kildemateriale: Delrapport 4, afsnit 5
 Bemærkninger: Materialespecifikationer suppleret

3B Isolering

Værdi	C	Beskrivelse	Effekt
Tilstrækkelig isolering	0	Isoleret efter DS 452:2013	IAB (intet at bemærker)
Utilstrækkelig isolering-k1	1	Koblingsledninger der i mindre grad ikke opfylder isoleringskrav	Kan i særlige tilfælde bevirke <i>Legionella</i>
Utilstrækkelig isolering 1	2	Isoleret efter DS 452:1984	Varmetabet gør at det kan være svært at opretholde temperaturen i hele cirkulationskredsen
Koldtandsisolering mgl.1	2	Manglende isolering af koldtandsrør i opvarmede rum 20 – 25 °	Det kolde vand lunkent og lidt udsat for <i>Legionella</i>
Utilstrækkelig isolering-k2	3	Uisolerede koblingsledninger i opvarmede skakte	Kan bevirke <i>Legionella</i>
Utilstrækkelig isolering 2	5	Isoleret før 1984	Varmetabet gør at det kan være meget svært at opretholde temperaturen i hele cirkulationskredsen
Koldtandsisolering mgl.2	5	Manglende isolering af koldtandsrør i opvarmede rum 25 – 30 °	Det kolde vand lunkent og meget udsat for <i>Legionella</i>
Utilstrækkelig isolering 3	8	Utilstrækkelig/defekt isolering af varmtandsrør generelt	Varmetabet gør at det kan være meget svært at opretholde temperaturen i hele cirkulationskredsen
Utilstrækkelig isolering 4	10	Helt eller delvis manglende isolering	Temperaturen kan ikke opretholdes i cirkulationskredsen

Udarbejdet af: HKJE, LSB
Dato, 1. version: 27-06-2022
Dato, seneste opdatering: 01-02-2023
Kildemateriale: Delrapport 4, afsnit 5
Bemærkninger: Isolering af koldtandsrør indføjet

4A Vandbehandling-Blødgøring

Værdi	C	Beskrivelse	Effekt
Ikke relevant	0	Der er ikke installeret blødgøringsanlæg	IAB (intet at bemærke)
Service OK	4	Service og vedligehold OK	IAB (intet at bemærke)
Service mangelfuld	6	Service og vedligehold mangelfuld	Øget risiko for bakterievækst
Ingen service	8	Service og vedligehold stærkt mangelfuld	Risiko for betydelig bakterievækst
Yderst kompleks	10	Installationen er i praksis ikke mulig at overskue i sin helhed	Stor risiko for at alle uønskede forhold ikke bemærkes

Udarbejdet af: HKJE, LSB
Dato, 1. version: 27-06-2022
Dato, seneste opdatering: 06-07-2022
Kildemateriale: Delrapport 4, afsnit 5
Bemærkninger:

4B Vandbehandling-Legionellasikring

Værdi	C	Beskrivelse	Effekt
Ikke relevant	0	Der er ikke installeret anlæg	IAB (intet at bemærke)
Installation OK	0	Installation korrekt jf. forskrifter og service og vedligehold OK	IAB (intet at bemærke)
Overvågning effektiv	0	Alarm ved fejl mv. Status af alarmer kontrolleres af central eller tilsvarende	IAB (intet at bemærke)
Service mangelfuld	6	Service og vedligehold mangelfuld	Anlæg kun delvist effektivt
Installation næsten OK	6	Mindre mangler ift. korrekt installation jf. forskrifter	Anlæg kun delvist effektivt
Overvågning ikke effektiv	9	Alarmer ikke effektive, f.eks. pga. fejlfunktion, manglende forbindelse eller manglende kontrol	Anlæg ikke effektivt
Service stærkt mangelfuld	9	Service og vedligehold stærkt mangelfuld	Anlæg ikke effektivt
Installation har alvorlige fejl	9	Installation stærkt mangelfuld jf. forskrifter	Anlæg ikke effektivt
Installation & service meget problematisk	10	Installation og service meget mangelfuld og problematisk	Anlæg gør mere skade end gavn

Udarbejdet af: HKJE, LSB
Dato, 1. version: 23-06-2022
Dato, seneste opdatering: 06-07-2022
Kildemateriale: Delrapport 4, afsnit 5

5ABC Vandtemperatur samlet (koldt og varmt vand, herunder ved termisk eller biocidbehandling)

Værdi	C	Beskrivelse	Effekt
0 - 20 °C	0	Temperaturen OK	Ingen vækst af farlige bakterier
0 - 20 °C	0	Termisk sikring (EI-booster)	Ingen vækst af farlige bakterier
0 - 20 °C	0	Biocidsikring (Hyperklorsyre)	Ingen vækst af farlige bakterier
20 - 25 °C	5	Temperaturen på det kolde vand er for høj	Risiko for vækst af <i>Legionella</i>
20 - 25 °C	3	Termisk sikring (EI-booster)	Risiko for vækst af <i>Legionella</i>
20 - 25 °C	5	Biocidsikring (Hyperklorsyre)	Vækst af <i>Legionella</i> undgås med hyperklorsyre
25 - 30 °C	8	Temperatur for lav	Betydelig risiko for vækst af biofilm/ <i>Legionella</i>
25 - 30 °C	6	Termisk sikring (EI-booster)	Betydelig risiko for vækst af biofilm/ <i>Legionella</i> men alarm
25 - 30 °C	2	Biocidsikring (Hyperklorsyre)	Vækst af <i>Legionella</i> undgås med hyperklorsyre
30 - 40 °C	10	Temperatur for lav	Fare: Temperaturen optimal for legionellavækst
30 - 40 °C	8	Termisk sikring (EI-booster)	Fare: Temperaturen optimal for legionellavækst, men alarm
30 - 40 °C	5	Biocidsikring (Hyperklorsyre)	Vækst af <i>Legionella</i> undgås med hyperklorsyre
40 – 45 °C	8	Stor risiko for at temperaturen i dele af systemet er for lav	Stor risiko for at temperaturen i dele af systemet er for lav
40 – 45 °C	6	Termisk sikring (EI-booster)	Stor risiko for at temperaturen i dele af systemet er for lav, men alarm
40 – 45 °C	4	Biocidsikring (Hyperklorsyre)	Vækst af <i>Legionella</i> undgås med hyperklorsyre
45 – 50 °C	6	Risiko for at temperaturen i dele af systemet er for lav	Risiko for at temperaturen i dele af systemet er for lav
45 – 50 °C	4	Termisk sikring (EI-booster)	Risiko for at temperaturen i dele af systemet er for lav
45 – 50 °C	2	Biocidsikring (Hyperklorsyre)	Vækst af <i>Legionella</i> undgås med hyperklorsyre, men effekten under aftagning
50 – 55 °C	0	Temperaturen OK	Høj temperatur sikre mod legionellavækst
50 – 55 °C	0	Termisk sikring (EI-booster)	Høj temperatur sikrer mod legionellavækst
50 – 55 °C	0	Biocidsikring (Hyperklorsyre)	Høj temperatur sikrer mod legionellavækst, men hyperklorsyreeffekt noget
> 55 °C	0	Temperaturen OK	Høj temperatur sikrer mod legionellavækst
> 55 °C	0	Termisk sikring (EI-booster)	Høj temperatur sikrer mod legionellavækst
> 55 °C	0	Biocidsikring (Hyperklorsyre)	Høj temperatur sikrer mod legionellavækst

Udarbejdet af: HKJE, LSB
Dato, 1. version: 23-06-2022
Dato, seneste opdatering: 03-01-2023
Kildemateriale: Delrapport 4, afsnit 5

EUDP-Legionellasikring – Delrapport4: Risikovurderinger og ressourcekonsekvenser

2023-03-23

Bemærkninger: Risici ifm. termisk (EI-booster) og hyperklorsyre (Neuthox)-løsning vurderet

6A Vandudskiftning-Døde ender

Værdi	C	Beskrivelse	Effekt
Ingen døde ender	0	Ingen døde ender eller sjældent benyttede tappesteder	IAB (intet at bemærke)
Koblingsledninger < = 15 m	0	Koblingsledninger <= 15m med acceptabel temperaturvariation	Acceptabel temperatur og vandudskiftning mht. <i>Legionella</i>
Koblingsledninger >15 m og < = 30 m	2	Koblingsledninger > 15 m og <= 30 m med lidt tvivlsom temperaturvariation og vandudskiftning	Nogenlunde temperatur og vandudskiftning mht. <i>Legionella</i>
Døde ender - koblingsledninger mv	2	Døde ender fx i forbindelse med centralt placerede fordelingsrør	Vækst af biofilm og <i>Legionella</i> kan forekomme
Koblingsledninger >25 m	5	Koblingsledninger > 30 m med tvivlsom temperaturvariation og vandudskiftning	Utilstrækkelig temperatur og vandudskiftning mht. <i>Legionella</i>
Døde ender, sjældent benyttet	5	Døde ender i sjældent benyttede installationer	Begrænset risiko for vækst af farlige mikroorganismer
Døde ender fra nedlagt anvendelse	10	Døde ender der stammer fra nedlagte installationsdele	Stor risiko for vækst af farlige mikroorganismer

Udarbejdet af: HKJE, LSB
Dato, 1. version: 27-06-2022
Dato, seneste opdatering: 01-02-2023
Kildemateriale: Delrapport 4, afsnit 5
Bemærkninger: Dokument af LSB 24/5-2022 samt koblingsledninger indføjet

6B Vandudskiftning-Ledninger i drift

Værdi	C	Beskrivelse	Effekt
Gennemskyldes ofte	0	Brug sikrer gennemskyldning flere gange dagligt	Gennemskyldning OK
Koblingsledning kort	0	Kort ventetid på varmt vand	Gennemskyldning OK
Gennemskyldes dagligt	2	Brug sikrer gennemskyldning gange dagligt	Gennemskyldning nogenlunde OK
Koblingsledning acceptabel	2	Længere men acceptabel (≤ 10 sek.) ventetid på varmt vand	Gennemskyldning nogenlunde OK
Koblingsledning uacceptabel lang	4	Uacceptabel (> 10 sek.) ventetid på varmt vand	Begrænset gennemskyldning
Gennemskyldes sjældent	6	Brug sikrer ikke gennemskyldning mindst hver 3. uge	Begrænset gennemskyldning
Gennemskyldes stort set aldrig	10	Har nærmest karakter af død ende	Ingen gennemskyldning og stor bakteriefare

Udarbejdet af: HKJE, LSB
Dato, 1. version: 27-06-2022
Dato, seneste opdatering: 06-07-2022
Kildemateriale: Delrapport 4, afsnit 5
Bemærkninger: Vandudskiftning i ledninger i drift. Ikke døde ender.

6C Vandudskiftning-Beholder

Værdi	C	Beskrivelse	Effekt
3x el. mere per døgn	0	Vand i beholder udskiftes mindst 3x per døgn	IAB (intet at bemærke)
2x per døgn	2	Vand i beholder udskiftes ca. 2x per døgn	Nogenlunde tilstrækkelig vandudskiftning
1x per døgn	4	Vand i beholder udskiftes ca. 1x per døgn	Vandudskiftning marginal
Hvert 2 døgn	8	Vand i beholder udskiftes ca. 1x per 2 døgn	Vandudskiftning utilstrækkelig
> 2 døgn	10	Vand i beholder udskiftes sjældnere end hver 2 døgn	Vandudskiftning stærkt utilstrækkelig

Udarbejdet af: HKJE, LSB
Dato, 1. version: 23-06-2022
Dato, seneste opdatering: 06-07-2022
Kildemateriale: Delrapport 4, afsnit 5
Bemærkninger: Opsplittet efter råd fra LSB. Denne tabel gælder kun beholder.

6D Lagdeling i beholder

Værdi	C	Beskrivelse	Effekt
Ikke relevant	0	Der er decentral varmforsyning, men individuel (lille) beholder	
Tydlig lagdeling	0	Tydlig lagdeling i beholder og cirkulationstilslutning placeret korrekt	
Begrænset lagdeling	5	Lagdeling i beholder uklar og cirkulationstilslutning ikke korrekt placeret	Lunkent vand, hvor vækst af Legionella er mulig
Ingen lagdeling	10	Ingen (eller meget begrænset) lagdeling og cirkulationen tilsluttet på koldvandsforsyningen	Lunkent vand, hvor vækst af Legionella er mulig. Styring af temperatur vanskelig

Udarbejdet af: HKJE, LSB
Dato, 1. version: 27-06-2022
Dato, seneste opdatering: 06-07-2022
Kildemateriale: Delrapport 4, afsnit 5
Bemærkninger: Ingen

7A Udstyr for måling, regulering, styring og overvågning

Værdi	C	Beskrivelse	Effekt
Alle ønskede komponenter	0	Ingen mangler	Intet at bemærke
Mindre mangler	1	Har mindre mangler ifl. BR	Mindre besværlighed ved indregulering
Mangler termometer	3	Manglende eller defekt termometer på varmtvandsforsyning	Ikke muligt at kontrollere indreguleringen
Påspændingstermometer	5	Påspændingstermometer bevirker en for lav temperatur	Forkert regulering af temperaturen da det bevirker en for lav temperatur
Enkelte væsentlige	5	Har enkelte, væsentlige mangler ift. BR	Væsentlige besværligheder ved indregulering
Flere væsentlige	7	Har flere, væsentlige mangler ift. BR	Ikke muligt at indregulere
Cirkulationsventiler	9	Forkerte ventiler med fast forindstilling mellem 43 - 48 °C eller forkert indstillet ventil	Forkert regulering
Mangler reguleringsventil	10	Manglende eller defekt reguleringsventil	Forkert regulering af temperatur
Cirkulationsventiler tilstoppede	10	Tilstopning af cirkulationsventiler	Nedsat eller manglende flow

Udarbejdet af: HKJE, LSB
Dato, 1. version: 23-06-2022
Dato, seneste opdatering: 15-11-2022
Kildemateriale: Delrapport 4, afsnit 5
Bemærkninger: Øget graduering indføjet

8A Tapsteder (bruserhoved og -slange)

Værdi	C	Beskrivelse	Effekt
Bruser perfekt	0	Ny slange (< 2 år) og godt bruserhoved med yderst begrænset aerosoldannelse	Meget lille risiko for <i>Legionella</i>
Bruserhoved med lille forstøvning	3	Lille mængde af aerosoldannelse i forbindelse med brusebad	Mindre risiko for at indånde Legionella under bad
Bruserhoved med stor forstøvning	7	Stor mængde af aerosoldannelse i forbindelse med brusebad (fx sparebruser)	Større risiko for at indånde <i>Legionella</i> under bad
Bruserslang ny	3	Bruserslange mindre en 2 år	Begrænset mulighed for stor bakterievækst
Bruserslange gammel	8	Bruserslange mere en 2 år	Mulighed for stor bakterievækst
Bruserhoved og -slange meget problematisk	10	Bruserhoved med stor aerosoldannelse (fx sparebruser) og bruserslanger over 2 år	Mulighed for stor bakterievækst og for spredning via aerosoler

Udarbejdet af: HKJE, LSB
Dato, 1. version: 27-06-2022
Dato, seneste opdatering: 01-02-2023
Kildemateriale: Delrapport 4, afsnit 5
Bemærkninger: Ikke nærmere vurderet i projekt og relativt groft skøn.

Vurderingstabeller for parallelle og supplerende bedømmelser

4L Vandkvalitet mht. *Legionella*

Værdi	C	Beskrivelse	Effekt
Ingen <i>Legionella</i>	0	Der er foretaget målinger, men ikke konstateret <i>Legionella</i>	Reduceret risiko
<i>Legionella.spp</i>	5	Der er foretaget målinger og konstateret <i>Legionella</i> \geq 1000 CFU/L og $<$ 10.000 CFU/L	<i>Legionella spp.</i> observeres næsten altid
<i>Legionella pneumophila</i> , serotype 2 - 14	7	Der er foretaget målinger og konstateret <i>Legionella</i> \geq 10.000 CFU og $<$ 100.000 CFU	Kan smitte udsatte personer
<i>Legionella pneumophila</i> , serotype 1	10	Der er foretaget målinger og konstateret <i>Legionella</i> \geq 100.000 CFU	Kan smitte raske personer

Udarbejdet af: HKJE, LSB
 Dato, 1. version: 27-06-2022
 Dato, seneste opdatering: 02-01-2023
 Kildemateriale: Delrapport 4, afsnit 5
 Bemærkninger: CFU/L grænser indføjjet og trukket ud som parallel risikovurdering
 Overvejelse: Ingen

5F Fjernvarmetemperatur

Indgangstemperatur	C	Beskrivelse	Effekt
> 70	0	Indgangstemperatur OK	50 °C varmt vand muligt
60 – 65	2	Indgangstemperatur OK	50 °C varmt vand muligt
55 – 60	5	Indgangstemperatur grænsende til for lav	Svært at opretholde 50 °C på varmt vand
50 – 55	9	Indgangstemperatur for lav	Svært/umuligt at opretholde 50 °C på varmt vand
< 50	10	Indgangstemperatur for lav	Ikke muligt at opretholde 50 °C på varmt vand

Udarbejdet af: HKJE, LSB
 Dato, 1. version: 23-06-2022
 Dato, seneste opdatering: 06-07-2022
 Kildemateriale: Delrapport 4, afsnit 5

Del 4 – Bilag 3 Anvendelse af *Legionella*Risk på konkrete brugsvandsinstallationer

I det efterfølgende skema er der med udgangspunkt i rapportens tabel 5-2 anført de udvalgte risikofaktorer for brugsvandsinstallationens bedømmelse, dvs. omfattende de i bilag 2 anførte vurderingstabeller (2A, 2B, 3A, 3B etc.) dækkende den samlede installation og de enkelte komponenter og udstyr.

Endvidere er der med afsæt i tabel 4-2 medtaget parallel vurdering mht. resultater fra legionellatest og koblet vurdering mht. fjernvarmetemperaturen; sidstnævnte kan være afgørende for, om en ellers tilfredsstillende brugsvandsinstallation kan sikre mod *Legionella*.

Efter de konstaterede data for den aktuelle installation (betegnet A, B, C, D, E og anført med "Start") er vist eksempler på fiktive (A1, B1, C1, D1, E1, E2, E4) eller gennemførte forbedringstiltag (E3) herunder med anvendelse af hhv. termisk og biocid behandling, jf. del 5 (EI-booster) og del 6 (Neuthox).

I fortsættelse heraf er resultaterne for de enkelte installationer vist mht. dels den aktuelle status, dels status efter mulig forbedring af den grundlæggende installation, samt for i et enkelt tilfælde, hvad det betyder, såfremt der anvendes særlig legionellasikring i form af enten temperatursikring (ei-booster) eller ved sikring gennem tilsætning af biocid (hyperklorsyre baseret på Neuthox).







Vurderingerne for den aktuelle installation (anonymiseret) er baseret på en konkret gennemgang af den enkelte installation i første omgang startende med en mere traditionel farve-bedømmelse suppleret med registreringer og senere overført til *Legionelle*Risk.

For de enkelte installationer skal i fortsættelse af angivelsen vedr. størrelse, alder og anvendelse anføres følgende specifikke kommentarer:





- A: Ejendom (10 – 20 år) med flere plejehjemsboliger og med konstaterede dårlige cirkulationsventiler og flere døde ender. Udskiftning og indregulering af cirkulationsventiler samt fjernelse af flere døde ender vurderet til at give god effekt. Måledata for basisinstallation primært baseret på aktuel aflæsning af termometre mv., kontrol måling og skøn.
- B: Ejendom (> 30 år) med flere lejemål og cirkulationsledninger utilstrækkeligt isoleret. Forbedring af isolering vurderet til at give god effekt. Måledata for basisinstallation primært baseret på aktuel aflæsning af termometre mv., kontrol måling og skøn.
- C: Ejendom (>30 år men delvist renoveret) med flere lejemål med flere slidte rør og komponenter samt manglende isolering af koblings-ledninger. Forbedring med isolering af rør og yderligere udskiftning vurderet til at give god effekt. Måledata for basisinstallation primært baseret på aktuel aflæsning af termometre mv., kontrol måling og skøn.
- D: Ejendom (ny installation < 10 år) med flere lejemål med en del døde ender samt tvivlsomt vedligeholdte bruserslanger. Forbedring med fjernelse af døde ender og sikring af løbende udskiftning af bruserslanger vurderes at give god effekt. Måledata for basisinstallation primært baseret på aktuel aflæsning af termometre mv., kontrol måling og skøn.
- E: Ejendom med flere lejemål og med vandforsyning med flere døde ender samt med varmtvandsbeholder med dårlig vandudskiftning og generelt meget lave temperaturer; yderligere konstateret betydelig *Legionella*. Forbedring med fjernelse af døde ender og sikring af løbende udskiftning af bruserslanger vurderes at give god effekt. Flere forbedringstiltag synes utilstrækkelige, men anvendelse af biocidbehandling synes at give betydelig forbedring, hvilket senere klart eftervist ved installering og måling af *Legionella*. Måledata for basisinstallation baseret på løbende målinger og aktuel aflæsning af termometre mv., kontrol måling samt skøn.

EKSEMPLER Ejendommens betegnelse ->	Indregning i risikoscore	A	A1	B	B1	C	C1	D	D1	E	E1	E2	E3	E4
		Start	Efter 2 installationsforbedringer	Start	Efter 2 installationsforbedringer	Start	Efter 2 installationsforbedringer	Start	Efter 2 installationsforbedringer	Start	Efter 2 installationsforbedringer	Med temperaturbehandling (EI-booster)	Med biocidbehandling (hyperklorering)	Med biocidbehandling (hyperklorering) + 2
0 Brugsvandsinstallationen som helhed														
Installationens kompleksitet (2A)	Ja	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3
Tilstand inkl. slitage (2B)	Ja	0	0	0	0	125	15	0	0	125	15	15	15	15
1 Vandforsyning (koldt vand)														
Materialer (3A)	Ja	3	3	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0
Isolering (3B)	Ja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vandtemperatur (5A)	Ja	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0
Vandudskiftning: Døde ender (6A)	Ja	65	7	62	0	62	7	62	7	62	62	62	62	0
2 Koldtvandsbehandling														
Blødgøringsanlæg (4A)	Evt.									15	15	15	15	15
3 Varmtvandsforsyning (Opvarmningsenhed)														
Vandtemperatur (5A af 5ABC)	Enten	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	0	0	0	0
Vandtemperatur: Termisk behandling (EI-booster) (5B af 5ABC)	Eller										250			
Vandtemperatur: Biocidbehandling (Neuthox) (5C af 5ABC)	Eller											31	31	
Vandudskiftning: Beholder (6C)	Ja	3	3	15	15	15	15	0	0	1000	0	0	0	0
Lagdeling i beholder (6D)	Ja	0	0	0	0	(0)	0	0	0	0	0	0	0	0
4 Varmtvandsbehandling og legionellasikring														
Vandbehandling: Legionellasikring (termisk & biocid) (4B)	Evt.									0	0	0	0	0
5 Forsyningsledninger og cirkulationskreds														
Materialer (3A)	Ja	0	0	0	0	0	0	0	0	250	250	250	250	0
Isolering (3B)	Ja	0	0	250	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3
Vandtemperatur (5A af 5ABC)	Enten....	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	1000			
Vandtemperatur: Termisk behandling (EI-booster) (5B af 5ABC)	Eller										250			
Vandtemperatur: Biocidbehandling (Neuthox) (5C af 5ABC)	Eller											31	31	
Vandudskiftning: Døde ender (6A)	Ja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vandudskiftning: Ledninger i drift (6B)	Ja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 Koblingsledninger														
Materialer (3A)	Ja	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Isolering (3B)	Ja	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
Vandudskiftning: Døde ender (6A)	Ja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 Styring og overvågning														
Udstyr: Måling, regulering og styring(2B)	Ja	501	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RISIKO-SUM		580	28	332	27	214	49	70	22	3460	1357	857	412	107
8 Tapsted														
Tapsted: Bruserhoved- og -slange (7A)	Evt.	7	7	128	6	7	7	68	7	%	%	%	%	%
RISIKO-SUM		587	35	460	33	221	56	138	29					0
Legionella-prøver og test														
Legionellamåling Koldt vand (CFU/L)	Ingen			Ingen		< 1000		Ingen		Ingen			Ingen	
Legionellamåling Varmt vand (CFU/L)	Ingen			Ingen		< 1000		Ingen		44000			110	
Fjernvarmetemperatur mv.														
Tilstrækkelig fjernvarmetemperatur (5F)		0		0		0		0		0				

Bedømmelsen af brugsvandsinstallationen ud fra den samlede risikoscore har efter evaluering ud fra de gennemgåede eksempler afsæt ifølge:

Farve	Samlet risikoscore	Bedømmelse af brugsvandsinstallationen
	0 – 25	Installationens legionellasikkerhed vurderes som høj. Risiko for høj koncentration af <i>Legionella</i> vurderes meget lille.
	25 – 50	Installationens legionellasikkerhed vurderes som forholdsvis høj. Risiko for høj koncentration af <i>Legionella</i> vurderes som begrænset. Overvej om tiltag/undersøgelser er relevante.
	50 – 100	Sub-optimale forhold identificeret. Mulig sundhedsfare: Risiko for høj koncentration af <i>Legionella</i> . Forebyggende tiltag eller yderligere undersøgelser kan være nødvendige.
	100 – 500	Kritiske forhold identificeret. Sundhedsfare: Risiko for kritisk høj koncentration af <i>Legionella</i> . Forebyggende tiltag eller yderligere undersøgelser anbefales.
	500 – 1000	Meget kritiske forhold identificeret. Sundhedsfare: Betydelig risiko for kritisk høj koncentration af <i>Legionella</i> . Behov for forebyggende tiltag.
	> 1000	Yderst kritiske forhold identificeret. Sundhedsfare: Meget betydelig risiko for kritisk høj koncentration af <i>Legionella</i> . Akut behov for forebyggende tiltag.

Tilsvarende er der ved bedømmelse af målt legionellaindhold taget afsæt i:

Farve	CFU/L	Bedømmelse af brugsvandsinstallationen
	< 1000	Installationens legionellasikkerhed vurderes som høj. Risiko for høj koncentration af <i>Legionella</i> vurderes meget lille.
	1000 – 10.000	Installationens legionellasikkerhed vurderes som forholdsvis høj. Risiko for høj koncentration af <i>Legionella</i> vurderes som begrænset. Overvej om tiltag/undersøgelser er relevante. Sub-optimale forhold identificeret. Mulig sundhedsfare: Risiko for høj koncentration af <i>Legionella</i> . Forebyggende tiltag eller yderligere undersøgelser kan være nødvendige.
	10.000 – 100.000	Kritiske – til meget kritiske forhold identificeret. Sundhedsfare: Risiko for kritisk høj koncentration af <i>Legionella</i> . Forebyggende tiltag eller yderligere undersøgelser anbefales.
	> 100.000	Yderst kritiske forhold identificeret. Sundhedsfare: Meget betydelig risiko for kritisk høj koncentration af <i>Legionella</i> . Akut behov for forebyggende tiltag.

Samt for vurdering af fjernvarmetemperaturen taget afsæt i

Farve	Fjernvarmetemperatur Indgang	Bedømmelse af brugsvandsinstallationen
	> 60 grC	Installationens legionellasikkerhed vurderes som høj. Risiko for høj koncentration af <i>Legionella</i> vurderes meget lille.
	55 – 60 grC	Installationens legionellasikkerhed vurderes som forholdsvis høj. Risiko for høj koncentration af <i>Legionella</i> vurderes som begrænset. Overvej om tiltag/undersøgelser er relevante. Sub-optimale forhold identificeret. Mulig sundhedsfare: Risiko for høj koncentration af <i>Legionella</i> . Forebyggende tiltag eller yderligere undersøgelser kan være nødvendige.
	50 – 55 grC	Kritiske – til meget kritiske forhold identificeret. Sundhedsfare: Risiko for kritisk høj koncentration af <i>Legionella</i> . Forebyggende tiltag eller yderligere undersøgelser anbefales.
	< 50 grC	Yderst kritiske forhold identificeret. Sundhedsfare: Meget betydelig risiko for kritisk høj koncentration af <i>Legionella</i> . Akut behov for forebyggende tiltag.