

MATIČNA SEKCIJA STROJNIH INŽENIRJEV



IZS MSS 01/2012
PREDSTAVITEV ZNANIH TEHNIČNIH
MOŽNOSTI ZMANJŠANJA ŠIRJENJA
LEGIONELE V PREZRAČEVALNO-
KLIMATSKIH IN VODOVODNIH
SISTEMIH

Avtorja:
Mitja Lenassi
Aleš Podboršek

Recezenata:
Jože Vrhunc
Andrej Robič

Lektoriranje:
Mojca Pipan

Oblikovanje:
Kraft&Werk d.o.o.

Izdala in založila:
Inženirska zbornica Slovenije
Jarška cesta 10/b, Ljubljana

Objavljeno:
Spletna stran Inženirske zbornice Slovenije, www.izs.si.

Ljubljana, september 2012



MATIČNA SEKCIJA
STROJNIH INŽENIRJEV



IZS MSS 01/2012
PREDSTAVITEV ZNANIH TEHNIČNIH
MOŽNOSTI ZMANJŠANJA ŠIRJENJA
LEGIONELE V PREZRAČEVALNO-KLIMATSKIH
IN VODOVODNIH SISTEMIH

PRIROČNIK

Avtorja:

Mitja Lenassi, univ. dipl. inž. str.
Aleš Podboršek, inž. str.

KAZALO

UVOD

- 1. OZADJE IN OSNOVE O LEGIONELI**
 - 1.1 Filadelfijska zgodba**
 - 1.2 Osnovno o legioneli in njenem naravnem okolju**
 - 1.3 Prenos legionele**

- 2. PREZRAČEVALNO-KLIMATSKE NAPRAVE**
 - 2.1 Zbirna korita kondenzata hladilnikov zraka**
 - 2.2 Hlapilni vlažilniki in pralniki zraka**
 - 2.3 Hladilni stolpi in hlapilni kondenzatorji**

- 3. VODOVODNI SISTEMI**
 - 3.1 Vodovodna napeljava stavbe**
 - 3.2 Masažne kopeli**
 - 3.3 Okrasne fontane**

- 4. VODNI VARNOSTNI NAČRT**
 - 4.1 Pot do obvladovanja tveganja**
 - 4.2 Priprava vodno varnostnega načrta**

UPORABLJENA LITERATURA

DODATEK – PREDSTAVITEV TEZ NEMŠKE RAZISKAVE

0. UVOD

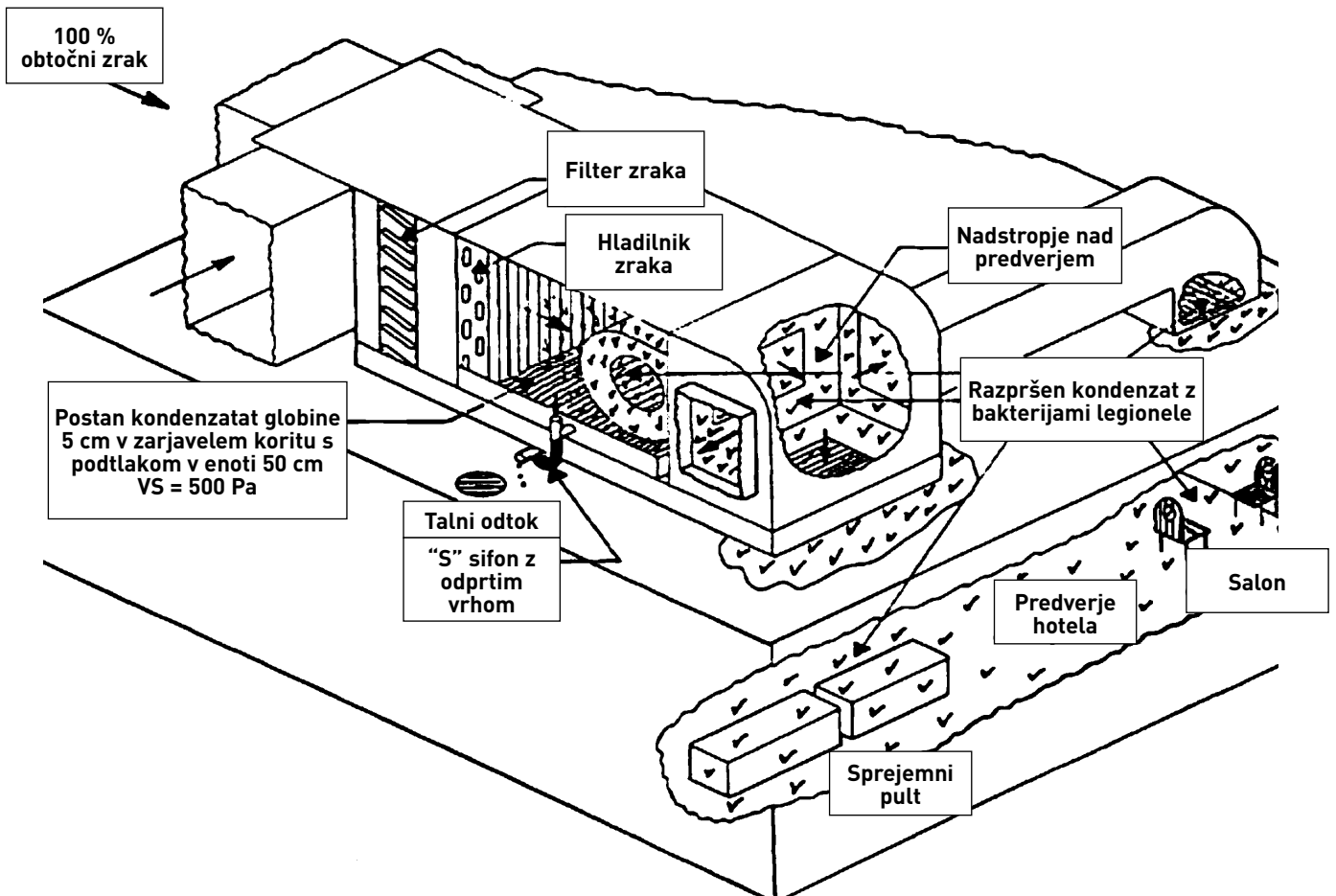
Primeri legioneloze¹ predstavljajo posledico izpostavljenosti kolonijam bakterije legionele, povezanih z vodnimi sistemi v stavbah. Prisotnost legionele v vodnih sistemih pa sama po sebi ne zadošča za povzročitev legioneloze. Drugi nujni dejavniki vključujejo nastanek okoljskih pogojev za povzročitev rasti kolonij bakterije (na primer temperature tople vode, biofilm itd.), načine prenosa bakterije do ljudi v stavbi ali okoli nje (tvorba aerosolov), izpostavljenost občutljivih ljudi na s kolonijami legionele poseljeno vodo, ki je vdihana v njihova pljuča.

Kaj mora pooblaščen inženir vedeti o legioneli in legionelozah? Ali lahko že samo z nerodnim načrtovanjem in/ali izvedbo vzpostavi pogoje, ki pripomorejo k rasti bakterije legionele v vodnem sistemu? Ali s tem povzroči nevarnost tveganja za obolelost ljudi z legionarsko boleznijo? Ali ga mora vse to skrbeti? Kaj lahko inženir stori, da zmanjša nevarnost tveganja? Ali je treba inštalacijske sisteme voditi skozi postopke preverjanja in usposobitve? Ali je treba za obvladovanje bakterij legionele vzpostaviti kakšen načrt?

To je samo nekaj vprašanj, katera si je pooblaščen inženir pri svojem delu dolžan postaviti in nanje tudi odgovoriti. S tem priročnikom mu IZS želi pomagati pri iskanju odgovorov. Seveda pa si bodo s tem priročnikom lahko pomagali tudi vsi drugi, ki so kakor koli vpleteni v upravljanje in vzdrževanje strojno inštalacijskih sistemov. Namen priročnika je tako seznaniti ne samo projektante, ampak tudi izvajalce, lastnike, upravnike, uporabnike in vzdrževalno osebje s smernicami, ki zagotavljajo tehnične rešitve načrtovanja in obratovanja pri vodnih sistemih v stavbah, ki zmanjšajo tveganje pojava legioneloze.

Ljubljana, september 2012

¹ Legioneloza ima dve klinični bolezenski obliki: pljučnico (legionarsko bolezen), ki se lahko zaključi s smrtnim izidom, in manj nevarno pontiaško vročico, ki je bolj podobna gripi.



Slika 1

Skica postavitev prezračevalno-klimatske naprave in vtočnih mest zraka v predverju filadelfijskega hotela
vir: Robert C. Rosaler, »HVAC Handbook«, izdajatelj McGraw-Hill

1. OZADJE IN OSNOVE O LEGIONELI

1.1 FILADELFIJSKA ZGODBA

Zgodilo se je 27. julija 1976 v *Bellevue Stratford* hotelu v Filadelfiji, kjer so se člani Ameriške legije, to je Združenja ameriških vojnih veteranov, zbrali v počastitev dvestote obletnice sprejetja deklaracije o neodvisnosti. V dveh dneh od začetka dogodka so številni veterani začeli obolevati zaradi takrat neznane oblike pljučnice. Vsi so kazali znake hitrega dihanja in tožili zaradi bolečin v prsih. 221 osebam so nudili zdravniško pomoč, 34 jih je umrlo.

Med 100 in 200 medicinskih strokovnjakov je sodelovalo v preiskavi, ki je trajala nekaj mesecev. Ker je bila preiskava usmerjena zlasti v iskanje povzročitelja okužbe, je bil ta tudi odkrit. Pri posmrtnih preiskavah žrtev je dr. Joseph McDade iz *U.S. Center for Disease Control (CDC)* odkril majhno, zelo tanko bakterijo. Bakterija je

bila poimenovana legionela² in legioneloza je postala zdravniška oznaka te bolezni. Ugotovljeno je bilo, da legionela povzroči bolezen ob pogoju, če obširno prodre v človeška pljuča. Da se to lahko zgodi, je bilo zaključeno, da se mora bakterija prenašati po zraku preko razpršenih delcev, verjetno z drobnimi vodnimi kapljicami.

Z zornega kota medicinske znanosti je bilo odkritje bakterije legionele izreden dosežek, na žalost pa skozi filadelfijsko preiskavo nikoli ni bil ugotovljen tudi sam izvor in način prenašanja bakterije v tem primeru. Postavljena je bila zgolj domneva, da je bolezen povzročila bakterija, razpršena iz bližnjega hladilnega stolpa.

Žal takratna preiskava ni zajela tudi natančne preiskave hotelskih prezračevalno-klimatskih naprav in ugotavljanja možnosti njihovega prispevka k pojavu in širjenju bolezni. Vzeti so bili vzorci vode iz cevne sistema hla-

² Izraz legionela označuje na splošno rod bakterije, ki pa se loči na več vrst. Za ta priročnik je pomemben rod »*Legionella Pneumophila*« (legionela pneumofila), ki je ime dobil v prvem delu glede na vrsto obolelih oseb, »legionarska«, v drugem delu pa po grški skovanki »ljubiteljica pljuč«.

jene vode, vodovodnega sistema, hladilnih stolpov, niso pa bili vzeti vzorci kondenzata, nastalega v prezračevalno-klimatskih napravah. Vendar pa so dokazi močni in soglasni v smeri, da je do izpostavljenosti bakteriji prišlo ravno v hotelskem preddverju in da se je prenos zgodil preko zraka. Vse to z visoko gotovostjo kaže, da je prezračevalno-klimatska naprava v nesrečni dogodek močno vpletena.

Poročila z zaslišanj v ameriškem senatu podpirajo zapisani zaključek. Na primer, predstavnik hotelskega osebja je navedel zaznavo obdobja »*slabega pretoka hlajenega zraka*«. Nadalje je v istem viru navedeno tudi, da »*okvara prezračevalno-klimatske naprave, namenjene hotelskemu preddverju v dveh tednih po zaključku zborovanja, lahko kaže tudi na to, da je naprava že prej delovala nepopolno*«.

Poleg zgornjih navedb so še drugi dejavniki, ki kažejo in napeljujejo k vpletenosti prezračevalno-klimatske naprave hotelskega preddverja. Starost naprave je bila takrat 22 let. Tako kot naprave iz tistega obdobja je tudi ta imela lastnosti, ki pospešujejo rast in širjenje kolonij bakterije legionele. Te so z gotovostjo naslednje:

- (1) ventilator, nameščen na izstopni strani hladilnika;
- (2) odtok kondenzata iz zbirnega korita, odvisen od pravilnosti delovanja natočnega sifona, to je od preprečevanja sesanja zraka skozi odtočno odprtino;
- (3) pod hladilnik vgrajeno velikansko in globoko zbirno korito, izdelano iz navadne jeklene pločevine.

Naprave z ventilatorjem, nameščenim na izstopni strani hladilnika zraka, brez izjeme povzročajo podtlak v področju zbirnega korita. Že ASHRAE Standard 62 *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality* iz leta 1989 izrecno opozarja, da je »S« sifon izredno občutljiv na različne napake (zamrznitev, izsušitev, odlom, zamašitev in/ali nepravilna postavitve), ki vse onemogočijo tesnost zapore in odtekanje nastalega kondenzata. Če ni vzpostavljeno tesnjenje v odtočni cevi, podtlak zadržuje nastali kondenzat in povzroči njegovo zastajanje v zbirnem koritu. Z veliko hitrostjo drveč zrak skozi nedelujoč »S« sifon povzroči razpršitev kondenzata. Postan kondenzat, obogaten z rjo iz rjaveče pločevine zbirnega korita, tvori plodno mesto za rast in širjenje kolonij bakterije legionele. Ko pride do razpršitve kondenzata znotraj naprave, se bakterija zelo hitro prenese v oskrbovan prostor. Prenos je temeljit in popoln, saj ves zrak doteka v prostor, običajno z izmenjavo med 5- in 10-krat na uro. Vsi ti pogoji so bili v primeru filadelfijskega hotela prisotni.

Slika 1 prikazuje načelno skico postavitve prezračevalno-klimatske naprave in vtočnih mest zraka v preddverju filadelfijskega hotela. Medsebojna bližina same naprave ter mest vtoka zraka, sprejemnega pulta in salona zagotavlja vstop okuženega zraka v visokih koncentracijah. Težko si je predstavljati bolj ugodne pogoje za širjenje bakterije legionele.

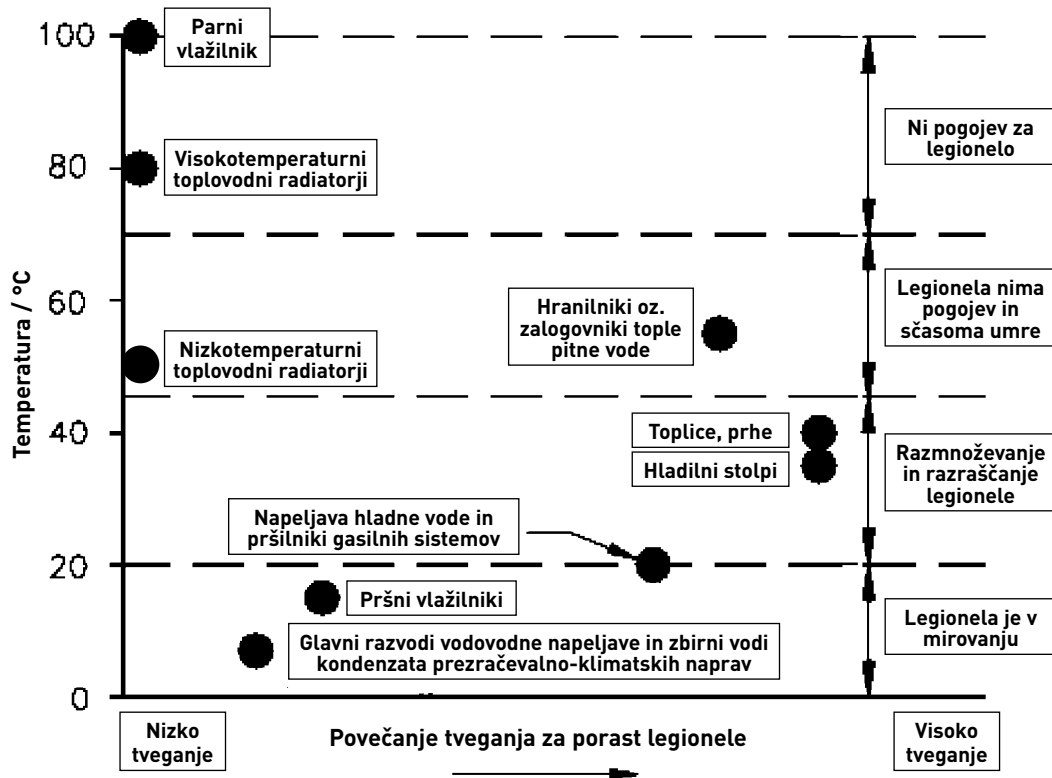
Ne glede na predstavljeno in pa dejstvo, da kondenzat prezračevalno-klimatskih naprav ni bil laboratorijsko pregledan, velja splošno prepričanje, da je bolezen povzročila bakterija, razpršena iz bližnjega hladilnega stolpa.

1.2 OSNOVNO O LEGIONELI IN NJENEM NARAVNEM OKOLJU

Voda v mestnih vodovodih je preko sistema za njeno obdelavo največkrat razkužena z uporabo klora. Ta uniči žive organizme, kljub temu pa voda, ki vteka v hišne vodovodne napeljave, ni tudi sterilna. Prav tako ustreza kakovost vode v mestnih vodovodih ne zagotavlja sama po sebi tudi ustrezne kakovosti vode na iztočnih mestih v stavbah. Mrtvi cevni odcepi in dolgi vodovodni razvodi, posebno s prevelikimi preseki glede na dejanske pretoke, kot tudi preveliki zalogovniki hladne vode in zbiralniki tople vode, lahko privedejo do daljših obdobja zastajanja vode. Če so ob tem v ceveh prisotna še ustrezna hranila in temperatura (med 20 in 50 °C), potem se lahko ustvari biofilm. Biofilm je sloj živih mikroorganizmov na notranjih površinah vodovodnega sistema. Hranila so lahko prisotna že znotraj sistema oskrbe z vodo, lahko pa jih tvorijo izluženi organski material in drugi dodatki za mehčanje cevi iz umetnih mas ter gumijeva tesnila. Biofilm se lahko ustvari v novo izvedenem vodovodnem sistemu že samo v štirinajstih dneh. Bolj kot čas teče, bolj se organizmi razmnožujejo in nekateri deli biofilma se tudi odtrgajo ter tako povzročijo izredno razraščanje mikroorganizmov v celotnem sistemu, kar se nato pozna v kakovosti vode, ki priteče skozi iztočna mesta. Če iztečena voda tvori aerosole, to je meglo drobnih kapljic, ki vsebuje legionelo, in se ta vdihava v pljuča, je to lahko ključno za nastop legionarske bolezni. Predvsem hladilni stolpi, klimatske naprave, prhe in masažne kadi lahko predstavljajo visoka tveganja. Verjetnost porasta legionele v odvisnosti od temperature prikazuje Slika 2.

Razumevanje naravnega okolja legionele, to je njene povezave z življenjskim okoljem in ostalimi vrstami bakterij, pomaga pri razumevanju dejavnikov, ki spodbujajo njeno preživetje in rast v umetnih vodnih sistemih. Legionela je prisotna v vseh naravnih in umetnih vodnih sistemih po vsem svetu in preživi v številnih življenjskih pogojih. Bakterija prenese kisloto okolje (za kratek čas celo pH 2,0) in je bila odkrita v okoljih z območjem pH vrednosti med 2,7 do 8,3. Mogoče jo je najti v zelo različnih vrstah vod: v vodi na listih v deževnem gozdu, v podzemnih vodah in v morski vodi. Preživi lahko celo v umetnih izvorih slane vode. V določenih naravnih vodnih okoljih, na primer v podzemnih vodah, onesnaženih s prstjo ali z zemeljskimi plastmi izpod površja in s temperaturo pod 20 °C, je legionela lahko prisotna v tako nizkih koncentracijah, da jih z običajnimi preizkušnji na prisotnost bakterij niti ni zaznati. Takšna voda lahko vnese legionelo v zalogovnike vode in vodovodne sisteme z izdelanim okoljem, kjer kemični in fizikalni pogoji omogočajo njeno nadaljnjo porast.

Temperatura ima na porast legionele močan vpliv. Legionela je bila najdena v vroči vodi s temperaturo



Slika 2
Povečanje verjetnosti porasta legionele v odvisnosti od temperature
vir: *Plumbing Commissioning*

celo do 66 °C, vendar pa je bakterija pri temperaturi vode 70 °C uničena skoraj v trenutku. Dokazano je, da se porast sevov legionele zniža pri temperaturah med 45 in 50 °C, nad temperaturo 50 °C pa že popolnoma zaustavi. Merilo termične odpornosti oziroma »D vrednost«, ki predstavlja čas pri določeni temperaturi potreben za pomor 90 % preučevanih mikroorganizmov, znaša za bakterijo legionele pri 50 °C 80–124 minut in pri 60 °C samo 2 minuti. Sevi bakterije legionele živijo in se razširjajo pri temperaturah med 25 in 45 °C, najugodnejše temperaturno območje pa predstavlja območje med 37 in 42 °C. Pri temperaturah pod 20 °C se porast sevov bakterije tudi popolnoma zaustavi. Zaradi ugotovljenega predstavlja vzdrževanje hladne in tople vode v vodovodnih omrežjih pod 20 °C oziroma nad 60 °C za preprečevanje ali vsaj nižanje razširjanja sevov legionele pomemben ukrep preprečevanja tveganja za okužbo.

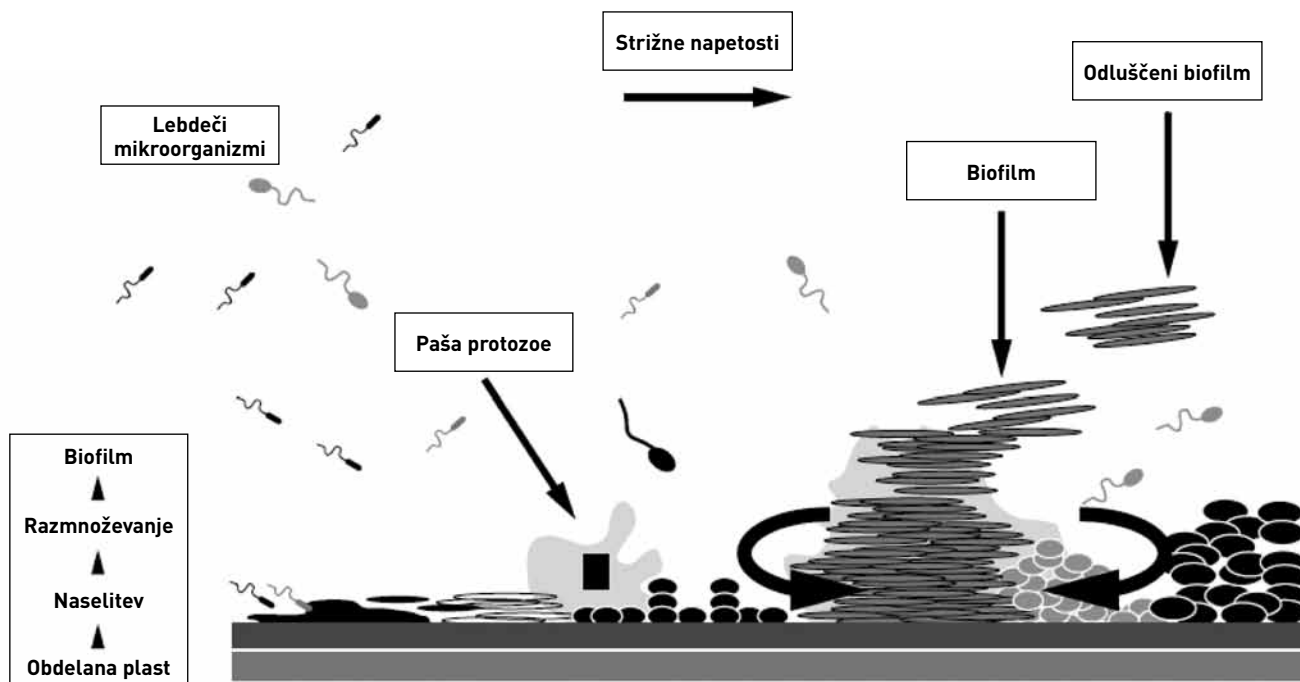
Legionela ima za porast potrebo po hranilih, ki so v vodi pridobljene neposredno ali posredno, preko ostalih vrst bakterij ali drugih mikroorganizmov v obliki raztopljenih organskih sestavin, preko odvečno pridobljenih hranil ali preko razpada mikroorganizmov.

Legionela je prilagodljiv znotrajcelični parazit in se lahko razmnožuje v kar štirinajstih vrstah protozoe, zato je ta pomemben dejavnik za njeno preživetje in porast. Preživetje bakterij legionele, prebavljene s

strani amebe, je odvisno od temperature. Pri 22 °C zaužite bakterije se pri 35 °C začnejo znotraj amebe razmnoževati. Protozoa tako pomaga zaščititi legionelo pred biocidi in toplotno razkužitvijo. Legionela lahko preživi v zamehurjenih amebnih celicah, kar obrazloži, zakaj lahko preživi v drugačnih okoljih in tudi znotraj zračnih aerosolov.

Biofilm predstavlja skupek mikroorganizmov in njihovih zunajceličnih produktov kot vezni člen, običajno so pritrjeni na biogeno ali abiogeno podlago. Na površini povečana mikrobiološka dejavnost in poselitev oziroma »tvorba biofilma« se dogaja povsod v naravnih in umetnih okoljih in na nizu različnih podlag. Mikroorganizmi ustvarjajo biofilm kot način zoperstavljanja različnim pogojem, kot na primer omejeni količini hranil ali temperaturnim skrajnostim. Površinska privrženost se običajno izvaja s pomočjo izvenceličnih polisaharidnih snovi, izločenih iz samih celic. V vsaki stopnji razvoja se biofilm deloma odlušči zaradi strižnih napetosti, ki jih povzročajo različna gibanja vode.

Med nastajanjem biofilma se površina, na katero se plast pritrdi, najprej obdela z nedoločenim vezivom, nakar se izvaja naselitev začetnih mikroorganizmov ter nadalje njihova razmnožitev po površini ali v kopicah. Mikrokolonije so zaščitene s sluzjo (glikokaliksom), vendar se kljub temu deli biofilma odluščijo in voda jih raznese na druga mesta, kjer se nato izvaja nova nase-



Slika 3

Nastajanje biofilma
vir: Susanne Surman-Lee

litev in tvorba novega biofilma. Voda okoli razmnoženih mikrokolonij (prikazana na Sliki 3 z zavitim puščicami) nosi hranila. Na površini, če je prisotna, se pase tudi protozoa, ki sprošča hranila in očisti površino, kar še pomaga k nadaljnjemu razraščanju. Biofilm, ki vključuje legionelo in protozoo, se lahko ustvari na površinah slabo upravljanjanih stavbnih sistemov pitne vode, hladilnih stolpov in zbirnih posod kondenzata. Biofilm olajša izmenjavo hranil in plinov ter ščiti mikroorganizme, ne samo pred biocidi, ampak tudi pred občasnimi temperaturnimi povišanji in poskusi fizične odstranitve, še posebno v območjih, kjer je na površini izločen vodni kamen ali pa je površina razjedena. Biofilm se najlažje ustvari tam, kjer je pretok vode majhen in kjer je omogočeno njeno zastajanje. Bakterija legionele se lažje razmnožuje v plasti biofilma kot v sami vodi. Slednje tudi obrazloži pojav legionele in njenega porasta v vodovodnih omrežjih stavb, čeprav jo je mogoče v javnih vodovodnih omrežjih komaj zaznati oziroma najti v izredno majhnem številu.

Preprečitev nastajanja biofilma je pomemben ukrep proti porasti bakterije legionele. Slednje je še posebej pomembno, ker je njegovo odstranjevanje v razvejanih cevni vodnih sistemih oteženo. Različni dejavniki pripomorejo k njegovi tvorbi in nato razraščanju, vključno:

- s prisotnostjo hranil, tako v sami vodi kot tudi v materialu vodnega sistema;

- z izločanjem vodnega kamna in razjedanjem materiala;
- z mlačnimi vodnimi temperaturami;
- z zastajanjem ali majhnim pretokom vode v mrtvih rokavih cevnega omrežja in vodnih zalogovnikih in zbiralnikih.

Na vsak način izločeni vodni kamen in/ali od rje razjeden cevni sistem poveča razpoložljivo površino in omogoči tvorbo mikronskih špranj, ki so zaščitene pred krožnimi razkuževalnimi sredstvi v sistemu. Vodni kamen in rja tudi povečata nasičenost hranil in dejavnikov za rast, na primer železo, v cevnem sistemu.

Material cevne sistema tudi vpliva na razraščanje biofilma. Določen inštalacijski material podpira ali povečuje rast mikroorganizmov, vključno z bakterijo legionele. Naravna snov, kot na primer gumijasta tesnila, predstavlja s hranili bogato podlago, je prednostno poseljena z mikroorganizmi, določena plastika pa celo izluži hranila v cevni sistem. Večina načrtovanih vodnih sistemov, posebno močno razvejanih, ima območja z biofilmom, čeprav je sistem dobro vzdrževan. Če nadzorni posegi, kot na primer upravljanje z razkuževanjem, postanejo ohlapni, se bodo mikroorganizmi hitro razširili na raven zaznavanja. Slednje velja tudi za bakrene cevovode, ki imajo veliko odpornost na pojav poselitve, če je le na površini ustvarjeno ustrezno stanje.

1.3 PRENOS LEGIONELE

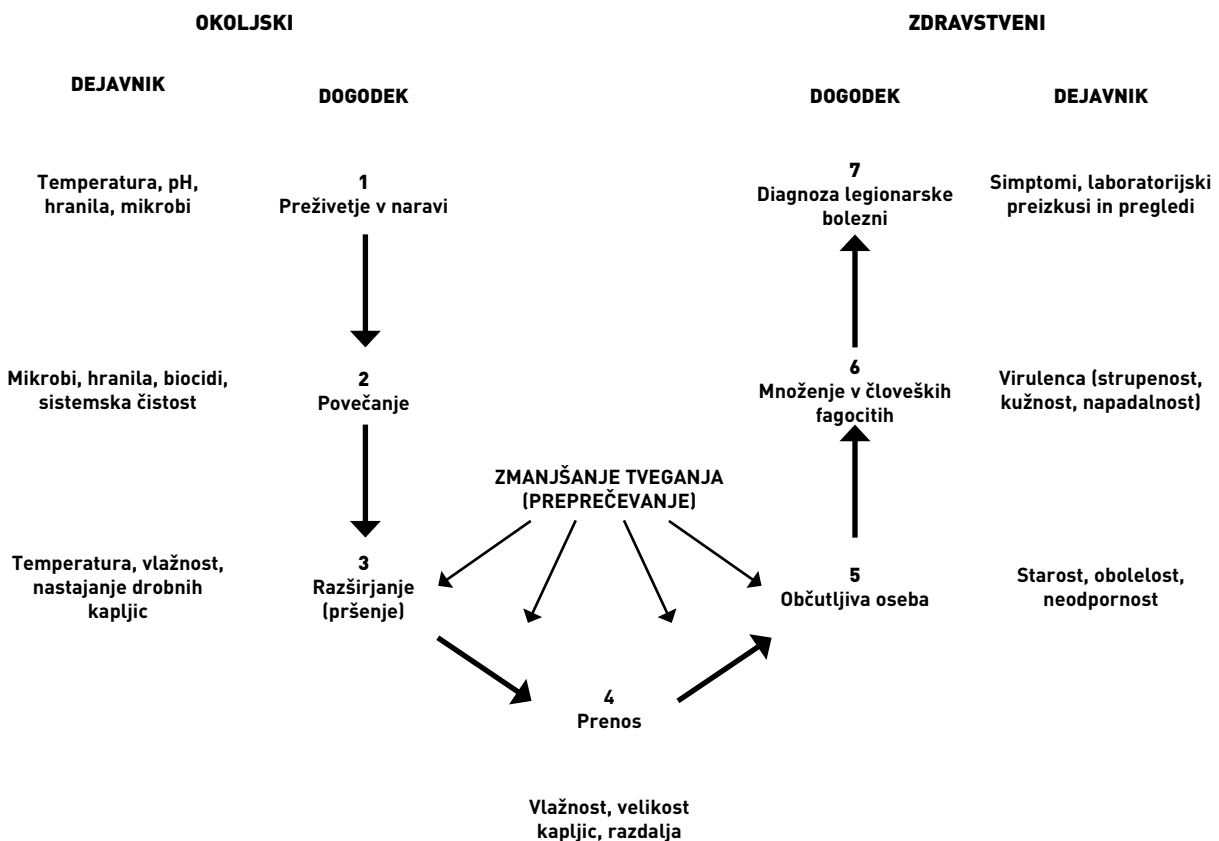
Večina podatkov o prenosu legionarske bolezni izhaja iz raziskav, ki so se izvedle po posameznih izbruhih te bolezni. Ti podatki kažejo na to, da se je večina prenosa do ljudi izvedla s pomočjo delcev razpršene vode premera med 1 in 5 µm, ki so vsebovali organizme in so bili vdihovani s strani bolj občutljivih oseb.

Pred samim nastopom bolezni se mora zgoditi več dogodkov, na katere se lahko vpliva in se jih prepreči s pomočjo dobrega načrtovanja, izvedbe in vzdrževanja. Ti dogodki in možnosti njihove preprečitve so prikazani na Sliki 4. Prvi dogodek, to je preživetje v naravi, je običajno izven obsega dobre inženirske prakse in upravljanja, naslednji trije dogodki – povečanje, razširjanje in prenos – pa so znotraj tega obsega. Naslednji dogodki so odvisni predvsem od zdravja posameznika.

Najbolj učinkovita metoda za nadzor bolezni, vključno legionarske, je njeno preprečevanje prenosa na čim

večjem možnem številu mest, ki jih tvori bolezen v svoji verigi prenosa. Načelo je preprosto, če en način preprečevanja odpove, ga drugi nadomesti. S tem načinom razmišljanja je zaželeno načrtovati sistem s čim več mogočimi posegi v verigi prenosa.

V priručniku so prikazana splošna načela in načini delovanja naprav, ki povzročajo pršenje vode, tako da lahko vsak inženir spozna in razume vrste pogojev, ki vodijo k povečanju (rasti in bohotenju) ter prenosu legionele. Med vrste naprav, ki so bile povezane z legionarsko boleznijo, sodijo pri prezračevalno-klimatskih napravah zbirna korita hladilnikov, vlažilniki zraka, hladilni stolpi in hlapilni kondenzatorji, pri vodovodnih napeljavah pa prhe in masažne kadi ter okrasne fontane. Pri vseh teh napravah lahko nastopajo razpršeni delci vode (aerosoli) velikosti do 5 µm, ki predstavljajo osnovo za prenos bakterije do pljuč ljudi.



Slika 4
 Prenos legionele
 vir: priručje po Barbaree (1991)

2. PREZRAČEVALNO-KLIMATSKE NAPRAVE

2.1 ZBIRNA KORITA KONDENZATA HLADILNIKOV ZRAKA

Kljub očitni možnosti okužbe z bakterijo legionele znotraj prezračevalno-klimatskih naprav, predstavljeni že v poglavju 1.1 Filadelfijska zgodba, dva industrijska mita ovirata kritično razmišljanje v tej smeri. Ta dva mita sta naslednja:

1. pogoji znotraj prezračevalno-klimatske naprave, vključno z zbirnim koritom kondenzata, ne podpirajo rasti in bohotenja bakterij legionele;
2. ni mehanizma, ki bi povzročal razpršitev vode v zrak, ki je nujen za prenos bakterije.

Ne glede na oba industrijska mita pa danes razpoložljivi podatki močno kažejo na to, da prezračevalno-klimatska naprava lahko postane vir tudi te bolezni.

1. mit: Legionela ne more rasti in se bohotiti v zbirnem koritu kondenzata.



Slika 5
(Ne samo) kondenzat v zanemarjenem zbirnem koritu
vir: medmrežje

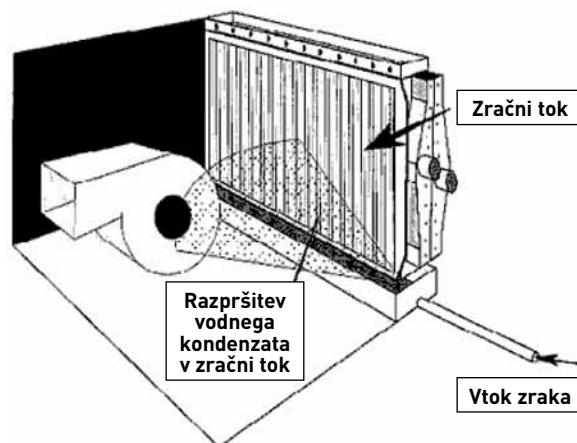
Razlog za to naj bi bil v tem, da naj bi bila temperatura za to prenizka. Kot že prikazano v poglavju 1.2, je bakterija legionele prisotna v vodi tudi pri temperaturah pod 20 °C. Ameriške prezračevalno-klimatske naprave načeloma delujejo z izstopno temperaturo zraka iz hladilnika 13 °C³, kar pomeni, da ima nastali kondenzat temperaturo okoli 15 °C. Vendar pa to seveda velja za projektno – polno – moč hladilnika, večino časa pa hladilnik deluje pri delnih obremenitvah, kar pomeni, da je izstopna temperatura zraka in posledično kondenzata precej višja. Pri delnih obremenitvah je bila

³ Evropski pristop h klimatizaciji prostorov pozna projektne izstopne temperature zraka iz hladilnika okoli 18 °C, kar največkrat ne zagotavlja niti ustreznega razvlaževanja za zagotavljanje udobja v prostoru, saj ga k temu (zaradi energetske učinkovitosti) vodi projektiranje v smeri še sprejemljivih stanj zraka. Seveda pa so s tem posledično ustvarjene še bolj pogosto dovolj visoke temperature kondenzata za rast kolonij bakterij legionele – preko 20 °C.

zabeležena povprečna temperatura kondenzata 21 °C. Pri tej temperaturi je rast kolonij bakterije relativno nizka, vendar pa morebitna prisotnost rje (rjasto zbirno korito) poveča razmnoževanje za 100-krat. Glede na število vgrajenih prezračevalno-klimatskih naprav na svetu, ki se šteje v milijonih, je mogoče zaključiti, da so nekatere od njih okužene s kolonijami legionele. Slika 5 prikazuje kondenzat v enem od zanemarjenih zbirnih korit prezračevalno-klimatske naprave.

2. mit: Ni mehanizma za razpršitev vode in širjenje bakterije legionele.

Ta mit ima osnovo v predpostavki, da je edini mogoč dejavnik za razpršitev vode hitrost zraka preko vodne površine v zbirnem koritu. Običajna hitrost zraka na tem mestu je 3,0 m/s. Skladno s Kelvin-Hemholtzovo mejo stanovitnosti voda ne bo razpršena v kapljice vse dotlej, dokler ne bo dosežena hitrost zraka nad površino najmanj 7,0 m/s. Naprave z ventilatorjem, nameščenim na izstopni strani hladilnika zraka, ki so v sistemih klimatizacije najbolj uporabljane, brez izjeme povzročajo podtlak v področju zbirnega korita. In če »S« sifon ne zagotavlja tesnosti zapore, skozi njo z veliko hitrostjo drvi zrak, kar povzroči razpršitev kondenzata in preprečuje njegovo odtekanje. Slika 6 prikazuje takšen primer.

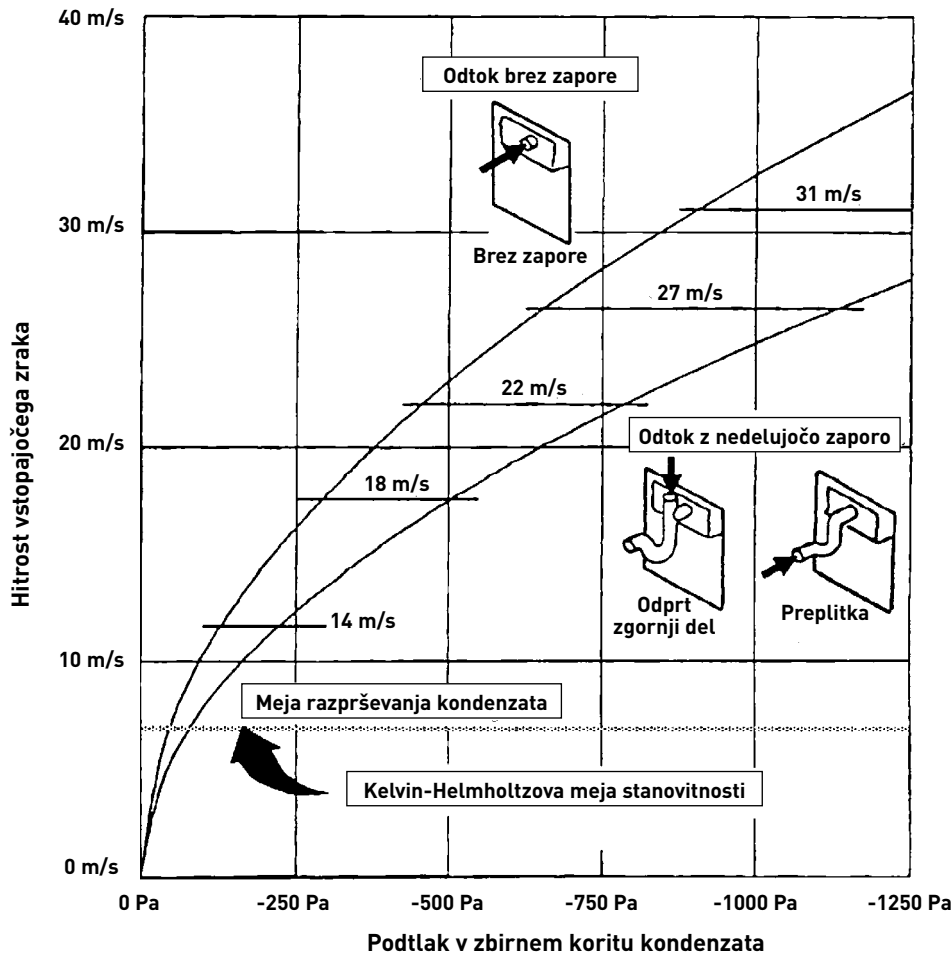


Slika 6
Razpršitev kondenzata v zbirnem koritu brez tesne zapore na odtočnem priključku
vir: proizvajalec Trane: Condensate Trapping

Običajni podtlak v zbirnem koritu znaša med 125 in 1250 Pa. Brez zapore v odtočni cevi se bo kondenzat nabral v višini med 1,5 cm in 5 cm, odvisno od tega, kako visok je dejanski rob korita.⁴ Ob takih pogojih bo hitrost skozi odtočno cev vdirajočega zraka znašala med 10 in 30 m/s.

Slika 7 prikazuje, kako negativni tlak v predelu zbirnega korita kondenzata vpliva na hitrost vstopajočega zraka v primerih, ko zračne zapore (običajno »S« sifon) ni ali pa je ta nedelujoča. Kot izhaja iz slike, je v obeh primerih hitrost vstopajočega zraka visoko nad mejo, ko se začne razprševanje vode. Dejstvo je, da so neu-

⁴ Pri prelivanju kondenzata iz lovilnega korita v dele prezračevalno-klimatske naprave prihaja do ugodnih pogojev za razvoj in rast različnih bakterij, plesni in mahu, zato je zagotavljanje pravilnega odtekanja kondenzata iz zbirnega korita še kako pomembno.



Slika 7

Hitrost vdirajočega zraka v zbirno korito skozi odtočni priključek v primeru manjkajočega ali nedelujočega »S« sifona
vir: Robert C. Rosaler, »HVAC Handbook«, izdajatelj McGraw-Hill

strežno izvedeni sistemi odvoda kondenzata pri prezračevalno-klimatskih napravah precej pogosti, saj je stopnja poznavanja higienskega dela nevarnosti med strokovnjaki precej nizka.

»S« sifon je lahko nedelujoč tudi v primeru, ko je ena sama zapora uporabljena za dve bližnji prezračevalno-klimatski napravi, saj seveda ni nujno, da imata zbirni koriti naprav enake podtladne razmere in/ali da delujeta sočasno. Takšno, nepravilno vezavo z enakimi posledicami prikazuje Slika 8.

Zaradi prikazanega je izvedba pravilnega »S« sifona na odtočnem priključku zbirnega korita pomembna ne zgolj samo zaradi preprečitve zamakanja kot posledice prelivanja kondenzata, ampak tudi zaradi zagotavljanja ustreznih higienskih razmer znotraj prezračevalno-klimatske naprave, ki oskrbuje bivalne prostore. Na Sliki 9 je prikazana pravilna izvedba »S« sifona za zbirna korita kondenzata, ki so v podtlaku – ventilator, nameščen na izstopni strani hladilnika zraka.

Zaradi lažjega vzdrževanja/čiščenja »S« sifona so nekateri od njih že tovarniško opremljeni s čistilnim priključkom s čepom, vendar pa tega vzdrževalec zaradi lažjega/hitrejšega dostopa pri naslednjem čiščenju ne namesti in je vrh puščen odprt. Takšen primer v osnovi pravilnega »S« sifona, vendar pa s čistilnim priključ-

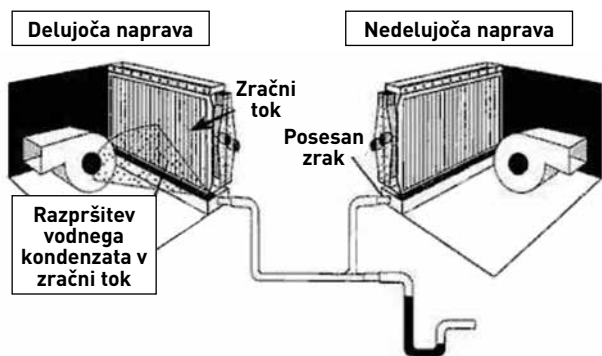
om brez čepa na vrhu, prikazuje Slika 10. V takšnem primeru se sicer pravilna zapora spremeni v nepravilno.

VDI Richtlinie 6022 Blatt 1: *Hygiene-Anforderungen an Raumlufttechnische Anlagen und Geräte* (2006) v točki 4.3.16 vezano na zbirna korita povzeto zahteva:

- Zbirno korito mora imeti zadosten naklon, ki zagotavlja odtekanje v smeri priključka, ki mora imeti zaporo. Neposredno priključevanje odtoka na kanalizacijo ni dovoljeno.
- Zbirno korito mora biti izdelano iz nerjavnega materiala, kot na primer 1.4301.
- Zbirno korito mora biti lahko dostopno za čiščenje in razkuževanje.
- Zbirno korito se mora ob zaustavitvi naprave popolnoma izprazniti.

Vezano na obratovanje in redno vzdrževanje ista smer-nica v Tabeli 6 zahteva preverjanje odtekanje kondenzata in preverjanje čistosti korita na vsake 3 mesece (v času hlajenja) in čiščenje zbirnega korita na vsakih 6 mesecev.

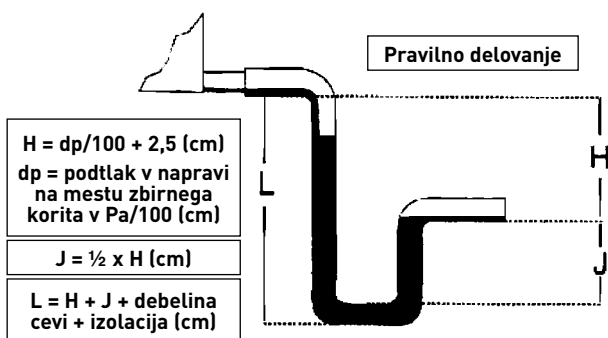
ASHRAE Standard 62.1-2010 *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality* namenja poglavje 5.10 tehničnim zahtevam za zbirno korito kondenzata. Povzeto so zahteve naslednje:



Slika 8

Razpršitev kondenzata v zbirnem koritu pri vezavi dveh naprav na skupni »S« sifon

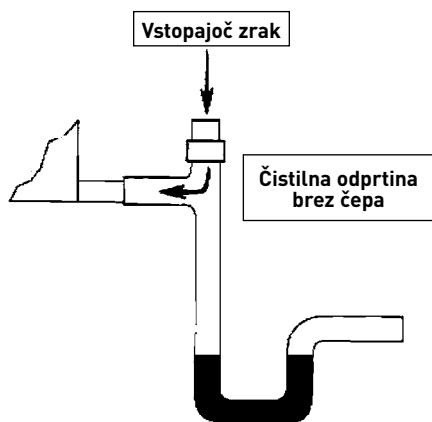
vir: proizvajalec Trane: Condensate Trapping



Slika 9

Pravilna izvedba »S« sifona za primer podtlaka v zbirnem koritu kondenzata – ventilator, nameščen na izstopni strani hladilnika zraka

vir: proizvajalec Trane: Condensate Trapping



Slika 10

Pravilna izvedba »S« sifona brez čepa na čistilnem priključku na vrhu postane nepravilna

- Korito mora biti nagnjeno najmanj za 10 mm na 1 m v smeri odtočnega priključka in mora omogočati popolno iztekanje kondenzata ob zaustavitvi.
- Odtočni priključek mora biti na najnižjem mestu korita in mora imeti ustrezno velik premer glede na nastalo količino kondenzata.
- Zahteva zračno tesnost s pomočjo »S« sifona ali kakšnega drugega sistema v primerih podtlaka v območju zbirnega korita, ki zagotavlja ustrezno odtekanje kondenzata in popolno izpraznitev korita ob zaustavitvi naprave,
- Velikost zbirnega korita je omejena po širini na širino hladilnika zraka, po dolžini pa v primeru vodoravnega toka zraka od roba hladilnika na vstopni strani, ki se sme raztezati v smeri zračnega toka, ali:
 - i. polovico višine hladilnika, ali
 - ii. kot potrebno za omejevanje odnašanja vodnih kapljic na največ 1,5 ml/m² hladilnika v času ene ure ob projektnih pogojih, ki jih predstavlja najvišja občutena hladilna moč ob najnižji rosiščni temperaturi izstopnega zraka.

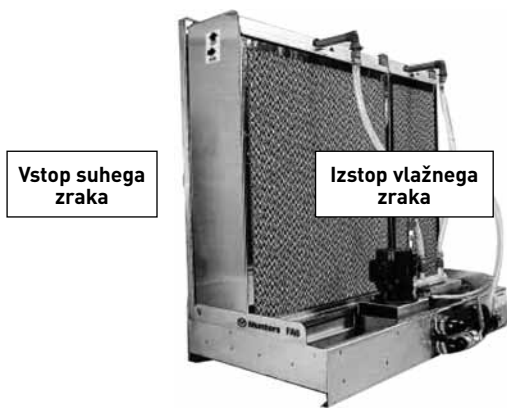
Nadalje isti standard vezano na zagone izrecno zahteva v točki 7.2.3, da se preveri delovanje odtekanja kondenzata, vezano na obratovanje in redno vzdrževanje pa v točki 8.4.1.5 izrecno zahteva najmanj enkrat letno (med hladilnim obdobjem) pregledovanje čistosti in morebitne mikrobiološke rasti v zbirnih koritih ter morebitnega močenja sosednjih notranjih površin naprave. V primeru odkritja napak je treba te odpraviti.

2.2 HLAPILNI VLAŽILNIKI IN PRALNIKI ZRAKA

Hlapilni vlažilniki zraka hladijo in vlažijo zrak z neposrednim stikom z vodo preko vlažne površine ali s pršenjem. Te naprave se uporabljajo za vzdrževanje temperature in vlažnosti zraka v poslovne, industrijske in kmetijske namene. Pralniki zraka delujejo s pršenjem vode in so namenjeni zlasti čiščenju zraka različnih drobnih delcev, dodatno pa lahko tudi hlajenju, gretju, vlaženju ali razvlaževanju, odvisno od tega, ali je voda topla ali mrzla.

Vlažilnik z vlažno kontaktno površino sestoji iz luknjičastega polnila – porozne snovi z razširjeno površino za čim hitrejšo hlapenje vode, pri čemer se polnilo največkrat moči s polivanjem vode z uporabo črpalke. Primer take vrste je prikazan na Sliki 11. Ker voda hlapi s površine, ne prihaja do tvorbe vodnih kapljic. Ti vlažilniki uporabljajo za vlaženje polnila pitno vodo, pri čemer se ta lahko uporablja za zgolj enkratno polivanje ali pa kroži in služi za večkratno polivanje. Slednji primer tako vključuje črpalke, ventil za dodano vodo, ventil za kaluženje in korito z vodo.

Vlažilnik s pršenjem vode in pralnik zraka uporabljata visokotlačne šobe, ki razpršijo vodo v majhne kapljice, z namenom zagotovitve čim višje stopnje uparjanja. Primer take vrste je prikazan na Sliki 12. Te vrste vlažilniki so opremljeni z izločevalniki vodnih kapljic



Slika 11
Hlapilni vlažilnik zraka z vlažno kontaktno površino
vir: proizvajalec Munters



Slika 12
Hlapilni vlažilnik zraka s pršenjem vode
vir: medmrežje

in zbirnim koritom za odvečno razpršeno vodo, to je tisto, ki se ne upari. Tudi te vrste vlažilniki uporabljajo za pršenje pitno vodo, pri čemer se ta lahko uporablja za zgolj enkratno pršenje ali pa ta kroži in služi za večkratno pršenje. Slednji primer tako vključuje črpalko, ventil za dodano vodo, ventil za kaluženje in korito z vodo. Voda je lahko dodana tudi hlajena ali greta.

Običajne temperature vode pri vseh teh primerih so pod 20 °C, kar je nižje od temperatur, ki bi pospeševale rast in bohotenje legionele. Vendar za primer rjastih korit velja, kot že zapisano v poglavju 2.1 – prisotnost rje poveča razmnoževanje za 100-krat.

Glede prisotnosti hranil velja, da so vlažilniki in pralniki zraka odlični čistilniki zraka, kar pomeni, da se skozi njih izloča veliko organskih in drugih ostankov, ki se nabirajo v koritih vode. Slednje seveda lahko pripomore k rasti legionele.

Za vse te vlažilnike je priporočljivo, da se njihova korita stalno kalužijo in tudi popolnoma izpraznijo ob vsaki zaustavitvi prezračevalno-klimatskih naprav. Tako je najbolje, da so njihove črpalke opremljene s preklopnim ventilom za občasni odvod vode iz korita posredno v sistem kanalizacije tudi med obratovanjem, da ni treba zaustavljati prezračevalno-klimatskih naprav.

Za vlažilnike s kontaktno površino je priporočljivo, da se njihove črpalke izklopijo določen čas pred zaustavitvijo prezračevalno-klimatske naprave, da je omogočena osušitev polnila in s tem preprečeno ustvarjanje pogojev za mikrobiološko rast.

VDI Richtlinie 6022 Blatt 1: *Hygiene-Anforderungen an Raumlufttechnische Anlagen und Geräte* (2006) v točki 4.3.7 vezano na vlažilnike povzeto zahteva:

- Uporabo zgolj takšnih materialov, ki ne pospešujejo mikrobiološke rasti in ki so trajno odporni na korozijo.
- Vsi sestavni deli morajo biti preprosto dostopni v vsakem trenutku.
- Vgrajena mora biti nadzorna odprtina velikosti vsaj 150 mm, poskrbljeno mora biti tudi za notranjo osvetlitev z zunanjim ročnim stikalom.

- Dodajna voda za vlaženje mora ustrezati zahtevam za pitno vodo, nadalje pa mora voda, ki kroži znotraj sistema vlažilnika, ustrezati tudi zahtevam v tabeli A1⁵ VDI Richtlinie 3803: *Raumlufttechnische Anlagen; Bauliche und technische Anforderungen* (2002).
- Povečanje števila kolonij bakterij v vodi, ki kroži znotraj vlažilnika, preko vrednosti, podanih v Tabeli 1, je treba preprečiti s pomočjo tehničnih sprememb, rednimi časovnimi čiščenji in/ali razkuževanji.

Spremenljivka	Voda, ki kroži znotraj vlažilnika zraka
Skupno število kolonij bakterij	< 1000 CFU/ml
Legionela spp. ⁶	< 1 CFU/m ³

Tabela 1
Higienski spremenljivki v vlažilnikih zraka
vir: VDI Richtlinie 6022, Teil 1

- Vsi vlažilniki zraka morajo imeti varnostno lovilno korito iztečene vode z odtokom in »S« sifonom.
- Zbirno korito vode mora imeti urejeno samodejno praznjenje, če se sistem zaustavi za več kot 48 ur.

Vezano na obratovanje in redno vzdrževanje ista smerica v Tabeli 6 zahteva za vlažilnike z obtočno vodo preverjanje prisotnosti mikroorganizmov, ustreznost odtekanja kondenzata in preverjanje čistosti na vsake 3 mesece ter preverjanje sistema delovanja na vsakih 6 mesecev. V primeru, da se odkrije prisotnost kolonij

⁵ Dovoljene vrednosti kolonije bakterij (CFU: Colony-Forming Unit) v tej tabeli so naslednje:

- kolonije bakterij (ne glede na rod): < 1000 CFU/ml za običajne klimatizacijske sisteme, <100 CFU/ml za DATA prostore in <10 CFU/ml za sterilne in čiste prostore;
- kolonije bakterij legionele: <1 CFU/ml ne glede na vrsto klimatizacijskega sistema in namembnost prostora.

⁶ Legionela spp. pomeni, da gre za več različnih vrst bakterije istega rodu, torej legionele, posameznih vrst pa ne poznamo oziroma niso ločene. V tem primeru gre torej za bakterijo legionele na splošno in ne zgolj za legionelo vrste legionela pneumofila. S tem v zvezi glej tudi opombo 1 poglavja 1.1 tega priročnika.

⁷ Številka je dejansko zapisana na drug način: 100 CFU/100 ml, vendar je to enako kot v tabeli A1 VDI Richtlinie 3803.

bakterij preko vrednosti iz Tabele 1, je treba pregled ponavljati vsake pol meseca.

ASHRAE Standard 62.1-2010 *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality* v točki 8.4.1.3 za vse vrste vlažilnikov zahteva, da so čiščeni in vzdrževani tako, da je omejena obraščenost in preprečena mikrobiološka rast. Vlažilniki morajo biti pregledovani vsake tri mesece in/ali kot to zahtevajo navodila za obratovanje in vzdrževanje.

Velja opomniti še na zahteve slovenskega Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Ur. l. RS, št. 42/02), ki v 29. členu zahteva, da v vlažilni komori »bakterij vrste legionela v 1 ml vode ne sme biti«.

2.3 HLADILNI STOLPI IN HLAPILNI KONDENZATORJI

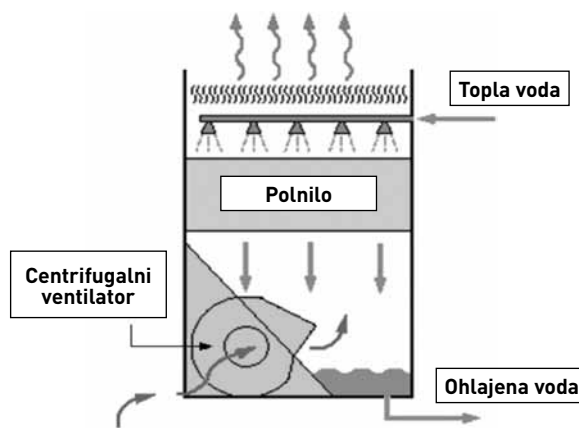
Hladilni stolp je hlapilna naprava za prenos toplote, v kateri zunanji zrak hladi toplo vodo z neposrednim stikom vode in zraka, pri čemer se del vode upari. Gibanje zraka se ustvari v večini primerov z ventilatorji, čeprav resnično veliki hladilni stolpi v energetiki delujejo na naravni vzgon zraka. Za prenos toplote se v njih uporablja polnilo, ki poskrbi za boljši stik med vodo in zrakom. Hladilni stolpi v povezavi z inštalacijskimi sistemi v stavbah se uporabljajo za odvod nastale toplote pri generatorju hladu. Na Sliki 13 je prikazan običajni hladilni stolp, to je odprte izvedbe.

Običajne obratovalne temperature vode hladilnega stolpa so med 29 in 35 °C, čeprav se lahko pojavijo tudi temperature do 49 °C in pod 21 °C, odvisno od hladilnih obremenitev, okoliške temperature in načina obratovanja sistema.

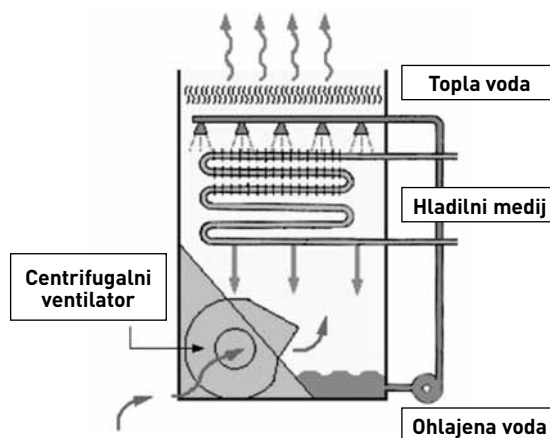
Ker sistem hladilne vode povezuje hladilni stolp (običajno na stehi) in hladilnik tekočin kot generator hladu (običajno v kleti), je v sistemu precejšnja količina vode. Mogoče so različne izvedbe medsebojnih povezav in razvodov, zato so mogoča tudi mesta s stoječo vodo ali mrtvimi rokavi, ki jih je težko očistiti.

Glede prisotnosti hranil velja, da so hladilni stolpi odlični čistilniki zraka, kar pomeni, da se skozi njih izloča veliko organskih in drugih ostankov, ki se v končni fazi nabirajo v vodnem koritu. Slednje seveda pripomore k rasti biofilma in posledično tudi legionele. Zato je izredno pomembno, da je celotni sistem hladilne vode, skupaj s hladilnim stolpom, vzdrževan čist in da je uporabljan tudi ustrezen program dodajanja biocida. Priporočljivo je, da se spremljanje stanja hladilne vode prepusti strokovnjaku.

Pred predstavitvijo priporočil za vzdrževanje sistema in obdelavo vode je smiselno predstaviti še drugo vrsto naprav za odvod toplote, to je zaprtih hladilnih stolpov in hlapilnih kondenzatorjev, saj za njih velja splošno prepričanje, da so iz higienskega vidika manj verjetni kot povzročitelji legionarske bolezni. Dejstvo je, da je med njimi in odprtimi hladilnimi stolpi zgolj ena velika razlika – hladilni medij (voda, hladiva, glikoli ...) ni v neposrednem stiku z okoliškim zrakom, vseeno pa je v stiku z zrakom obtočna voda, sicer v precej manjši



Slika 13
Hladilni stolp odprte izvedbe
vir: medmrežje



Slika 14
Hladilni stolp zaprte izvedbe ali hlapilni kondenzator
vir: medmrežje

skupni količini, tako da so higienske zahteve za eno in drugo vrsto naprav dejansko enake. Slika 14 prikazuje hladilni stolp zaprte izvedbe ali pa hlapilni kondenzator.

Nemška smernica VDI Richtlinie 6022 Blatt 1: *Hygiene-Anforderungen an Raumlufttechnische Anlagen und Geräte* (2006) v točki 4.3.12 vezano na naprave za odvod odvečne toplote s pršenjem vode povzeto zahteva:

- Namestitvev na takšnem mestu, da izstopajoča razpršena voda (aerosoli) ne doseže mest za zajem zraka in odpirajočih oken.
- Uporabo učinkovitih izločevalnikov vodnih kapljic.
- Ustrezen prostor za vzdrževanje in čiščenje.
- Omejevanje zgoščevanja z ustreznim kaluženjem.
- Priključek sveže vode v bližini za namene čiščenja.
- Možnost popolne izpraznitve korita vode in temeljitega izpiranja.
- Vključitev učinkovitega ločevalnika nečistoč v cevni sistem za namen zaščite obtočne črpalke.
- Namestitvev mreže v namen preprečevanja poseganja grobih delcev v zraku.

- Korito in fazonski kosi morajo biti lahko dostopni za vzdrževanje.
- Omejevanje ostankov v sistemu hladilne vode skladno s smernico VDI 3803 tabela A2⁸ VDI Richtlinie 3803: *Raumlufttechnische Anlagen Bauliche und technische Anforderungen* (2002).
- Pri izbiri materialov naj se upoštevata čim lažje čiščenje in razkuževanje.
- Vsi sestavni deli naj bodo odstranljivi.
- Spremenljivke v vodi se morajo vzdrževati s pomočjo ustreznih metod znotraj vrednosti iz Tabele 2.

Vežano na obratovanje in redno vzdrževanje nemška smernica v Tabeli 6 zahteva za naprave za odvod odvečne toplote s pršenjem vode preverjanje prisotnosti mikroorganizmov na vsake 3 mesece ter izpiranje, čiščenje in izpiranje na vsakih 6 mesecev.

Spremenljivka	Voda, ki kroži znotraj naprave za odvod toplote s pršenjem
Skupno število kolonij bakterij	< 10.000 CFU/ml
Legionela spp.	< 10 CFU/ml ⁹

Tabela 2

Higienski spremenljivki v napravah za odvod odvečne toplote s pršenjem vode
vir: VDI Richtlinie 6022, Teil 1

Vežano na redno vzdrževanje točka 7.6.1 ASHRAE Guideline 12-2000 *Minimizing the Risk of Legionellosis Associated with Building Water Systems* predpisuje ali priporoča:

- Vzdrževanje sistema v čim večji meri čisto, da je prisotnost hranil v sistemu čim manjša. Vsaka opažena nečistoča, še posebej organska, se mora nemudoma odstraniti.
- Priporočljivo je mehansko čiščenje vode vseh trdih delcev s pomočjo lovilnikov nečistoč, kompaktnih filtrov za enkratno uporabo, peščenih filtrov, centrifugalnih ločevalnikov ...
- Redno je treba pregledovati in čistiti izločevalnike odnesene vode na izstopu iz naprave in vsako mehansko okvarjeno (skrivljeno ali manjkajočo) lamelo nemudoma nadomestiti.
- Navodila za vzdrževanje in obratovanje morajo biti izdelana temeljito in morajo obvezno zajemati naslednje:
 - i. Shemo sistema.
 - ii. Količino vode v sistemu z navedbo datuma in metode določitve.
 - iii. Navodila proizvajalca za delovanje.
 - iv. Postopek redne obdelave vode.

⁸ Dovoljene vrednosti kolonije bakterij v tej tabeli so naslednje:
 • kolonije bakterij (ne glede na rod): <10.000 CFU/ml ne glede na vrsto materiala v stiku z vodo. V primeru, da je namestitev naprave nepravilna, to je v bližini zadrževanja ljudi, zajemov zraka ..., je vrednost omejena na < 1000 CFU/ml;
 • kolonije bakterij legionele: <10 CFU/ml ne glede na vrsto materiala v stiku z vodo.

⁹ Številka je dejansko zapisana na drug način: 10000 CFU/100 ml, vendar je to enako kot v tabeli A1 VDI Richtlinie 3803.

- v. Podatke o varnostnih podatkih za uporabljene kemikalije.
- vi. Imena oseb, zadolženih za upravljanje in zaustavitev sistema.
- vii. Datume pregledov in pisno podanih ugotovitev.
- viii. Datume in vrsto rednih pregledov.
- ix. Datume vseh popravil opreme in predelav opreme z opisom vrste dela.

Vežano na obdelavo vode točka 7.6.2 iste ameriške smernice postavlja cilje s tem v zvezi, ki so naslednji:

- Zmanjšanje mikrobiološke rasti.
- Zmanjšanje izločanja vodnega kamna.
- Zmanjšanje korozije.
- Zmanjšanje odlaganja trdnih delcev (organskih in anorganskih) na površinah za prenos toplote.

Zmanjšanje mikrobiološkega obraščanja se izvaja z ustreznim kemičnim biocidom, ki je načeloma dveh skupin: oksidacijski in neoksidacijski. Eni in drugi imajo svoje prednosti in slabosti, vendar je protozoa na obe vrsti biocida precej odporna, zato mora biti nadzirana z omejevanjem nastajanja biofilma, ki ji predstavlja hranila. Kot že zapisano, najprimerneje je, da to nalogo prevzame kemijski strokovnjak za obdelavo vod.

Vežano na izpostavljenost temo točka 7.6.3 smernice podaja tudi zelo natančne postopke za ustrezno zaustavitev in zagon sistema s hladilnim stolpom in/ali hlapilnim kondenzatorjem:

Zaustavitev sistema:

- Če je sistem namenjen zaustavitvi, je priporočljivo, da se celoten sistem (hladilni stolp, cevi, toplotni menjalnik, itd.) izprazni v celoti. Če to ni priročno zaradi ne prav dolgih zaustavitev, se mora stoječa voda pred vsakim zagonom pravilno obdelati s primernim biocidom.
- Če je predvidena zaustavitev za daljši čas (več mesecev), mora biti speljan naslednji postopek:
 - i. Dodati je treba disperzijsko in biocidno sredstvo v sistem, pri čemer naj voda z njima kroži med 12 in 24 ur.
 - ii. Zaustaviti je treba črpalke in popolnoma izprazniti celoten sistem vključno z vsemi slepimi vodi in najnižjimi deli sistema.
 - iii. Odplakniti je treba mulj in ostanke iz korita, pri čemer je posebno pozornost treba posvetiti kotom in zavojem. Pri izpiranju je treba dodati blagi sredstvi za čiščenje in razkuževanje. Če korita ni mogoče popolnoma izprazniti, je treba vodo in goščo iz njega izčrpati.
 - iv. Če kateri del sistema zaradi različnih vzrokov ne sme ali ne more biti izpraznjen, je treba poskrbeti za protizmrzovalno zaščito.

Zagon popolnoma izpraznjenega sistema:

- Hladilni stolp je treba očistiti vseh ostankov, kot so listi in umazanija.

- Zapreti je treba vse zajeme zraka v stavbo v bližini hladilnega stolpa v namen preprečitve vstopa razpršenih biocidnih in bioloških delcev v prezračevalno-klimatske naprave.
- Sistem se napolni z vodo. Med obratovanjem obtočne črpalke in **pred vklopom ventilatorjev** se mora izvršiti eden od obeh tu predstavljenih postopkov z biocidom:
 - i. Obdelati vodo z biocidom, ki je bil v uporabi pred zaustavitvijo. Obdelavo naj opravi strokovnjak. Vzdrževati največjo priporočljivo količino preostalega biocida v ustreznem času trajanja, da je sistem dobro mikrobiološko obdelan.
 - ii. Obdelati sistem z natrijevim hipokloritom do stopnje 4 do 5 mg/kg (ppm) **prostega** klorovega preostanka pri pH vrednosti med 7,0 in 7,6. Navedena vrednost prostega klor mora biti vzdrževana za čas 6 ur, merjena z običajnimi komercialnimi merilnimi pripomočki.
- Po tem, ko je bil eden od obeh postopkov z biocidom uspešno zaključen, se lahko zaženejo ventilatorji in sistem preda v obratovanje. Nadalje se vse izvaja po običajnem programu in navodilih.

Zagon neizpraznjenega sistema (s stoječo vodo):

- Korito in morebitne oddaljene zbiralnike vode je treba očistiti vseh dostopnih ostankov.
- Zapreti je treba vse zajeme zraka v stavbo v bližini hladilnega stolpa v namen preprečitve vstopa razpršenih biocidnih in bioloških delcev v prezračevalno-klimatske naprave.
- Izvesti je treba enega od predhodno opisanih postopkov z biocidom (glej »Zagon popolnoma izpraznjenega sistema«) zgolj v koritu in morebitnih oddaljenih zbiralnikih vode, pri čemer stoječa voda v sistemu ne sme krožiti preko polnila in ventilatorji ne smejo biti v delovanju.
- Stoječa voda lahko kroži po sistemu samo v primeru, da je polnilo hladilnega stolpa izločeno z mimovodom. V nasprotnem primeru se mora dodajati izbran biocid neposredno v vodno maso z mešanjem. Pri tem je treba paziti, da ne bo prihajalo do pršenja vode v okolico na katerem koli delu hladilnega stolpa.
- Po uspešno zaključenem biocidni predobdelavi sistema se voda spusti tudi preko polnila in vključijo se ventilatorji. Ko je preostanek biocida vzdrževan znotraj ustrezne vrednosti za najmanj 6 ur, hladilni stolp lahko prične z delovanjem.

Posebej je treba poudariti, da mora pri mehanskem čiščenju biofilma osebje nositi zaščitna očala in zaščitni respirator najmanj čez pol obraza z vložkom filtra vrste HEPA (*High Efficiency Particulate Air*), sposobnega odstranitve delcev $> 1 \mu\text{m}$. Slika 15 prikazuje primer takšnega respiratorja.

Točka 7.6.4 smernice predstavlja tudi postopek nujnega razkuženja za legionelo, pri čemer usmerja upo-



Slika 15

Primer zaščitnega respiratorja s HEPA filtrom za namestitev čez pol obraza
vir: medmrežje

ravnika na pripravljen »nujni postopek«¹⁰ z uporabo klor in razpršilnega sredstva. Vendar pa ta postopek ne sme biti voden rutinsko, ker je močno koroziven in se sproščajo strupeni plini. Ta postopek je bil kasneje dopolnjen še z vključitvijo dodatnih varnostnih načel in z 10 mg/l prostega preostalega klor za čas 24 ur.

Vežano na samo postavitev hladilnih stolpov in hlapilnih kondenzatorjev pa točka 7.6.5 ameriške smernice s tem v zvezi podaja naslednja priporočila:

- Postavitev naj bo kar se da mogoče daleč od mest za zajem zunanega zraka, vključno oken z možnostjo odpiranja.¹¹
- Postavitev naj ne bo v neposredni bližini izpustov kuhinjskih odvodov zraka, proizvodnje in razstavnih ploščadi tovornih vozil ali drugih virov organskih snovi.
- Upošteva naj se v letu prevladujoča smer vetra, pri čemer naj ne bodo v tej smeri odprti javni prostori.
- Upoštevajo naj se mogoče kasnejše gradnje.

¹⁰ »Nujni postopek« (ang. Emergency Protocol) je pripravil leta 1980 Cooling Tower Institute (CTI) in nosi naslov: »Suggested Protocol for Emergency Cleaning Cooling Tower and Related Equipment Suspected of Infection by Legionnaires's Disease Bacteria (pneumophila)«.

¹¹ ASHRAE Standard 62.1-2010 *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality* navaja kot zahtevane najmanjše odmike od teh odprtih 7,5 m za stran izpiha zraka iz hladilnega stolpa in 5,0 m za stran zajema zraka in/ali korita z vodo.

3. VODOVODNI SISTEMI

3.1 VODOVODNA NAPELJAVA STAVBE

Vodovodna napeljava stavbe se lahko opredeli kot cevni sestav z opremo, ki povezuje zunanji cevni razvod z iztočnimi mesti v njej in oskrbuje stavbo s pitno vodo, to je vodo, primerno za človeško uporabo, ki ustreza predpisom, ki imajo osnovo v evropskih direktivah. Pitna voda se poleg neposrednega zaužitja lahko uporablja tudi za pranje, kuhanje in higienske namene.¹²

Vodovodna napeljava stavbe poleg samih cevnih razvodov in priključkov sestoji tudi iz druge opreme, na primer: zbiralnikov, grelnikov, toplotnih prenosnikov, črpalk ... Napeljava je lahko enojna, samo s hladno vodo in lokalno pripravo tople vode, ali dvojna, to je s hladno in na enem mestu pripravljeno toplo vodo. Izdelana je lahko iz različnih materialov, seveda opredeljenih kot primernih po evropskem standardu SIST EN 806-2. Kot primerni materiali so navedeni: nerjavno jeklo, vroče pocinkano jeklo, baker, različne umetne mase, vsi ustrezne kakovosti glede na veljavne evropske standarde.

Pri tem velja izpostaviti priporočljiva za uporabo predvsem dva materiala, nerjavno jeklo in baker, saj je pri njiju ugotovljeno zaviranje razvoja bakterij, poleg njiju pa tudi materiale iz umetne mase iz EN ISO 15875 »razreda 2«, ki so primerni za uporabo pri temperaturah 70 °C. Slednje je pomembno za občasno izvajanje toplotnih šokov, ki jih bakterija legionele ne preživi.

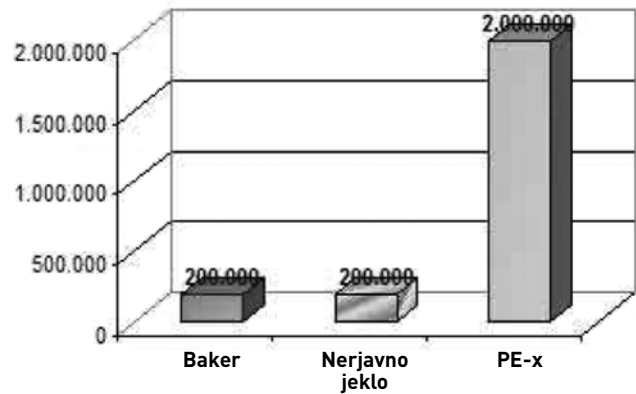
Ugleden nizozemski inštitut KIWA je leta 2003 objavil izsledke obširne raziskave, ki daje veliko prednost uporabi bakra kot materiala za vodovodne napeljave. Raziskava je trajala 560 dni, pri čemer so preverjali baker, nerjavno jeklo in zamreženi polietilen na rast bakterij legionele. V ta namen so preiskovali tri napeljave iz različnih materialov, v katerih so simulirali običajno uporabo pitne vode.

V prvem delu raziskave so napeljave obratovale zgolj s kroženjem, pri čemer se je pokazalo, da se je največja količina bakterij legionele pojavila okoli šestdesetega dneva preizkusa. Za baker in nerjavno jeklo je ta količina dosegla 200.000 CFU/l, za zamreženi polietilen pa 2.000.000 CFU/l oziroma 10-krat več. Rezultati so prikazani na Sliki 16.

Poizkus so nadaljevali kot odprt sistem, to je s točenjem vode skozi iztočna mesta in občasnimi zastoji vode. Pri tem je za napeljavo iz bakra znašala količina kolonij legionele 1200 CFU/l, za obe ostali napeljavi pa 10.000 CFU/l. Rezultati so prikazani na Sliki 17.

Raziskava je zajemala tudi tvorbo biofilma, to je prednostnega pogoja za rast in bohotenje bakterije legionele, pri čemer so izmerili naslednje povprečne vrednosti: za baker 27 CFU/cm², za nerjavno jeklo 560 CFU/cm² in zamreženi polietilen 1700 CFU/cm², to je

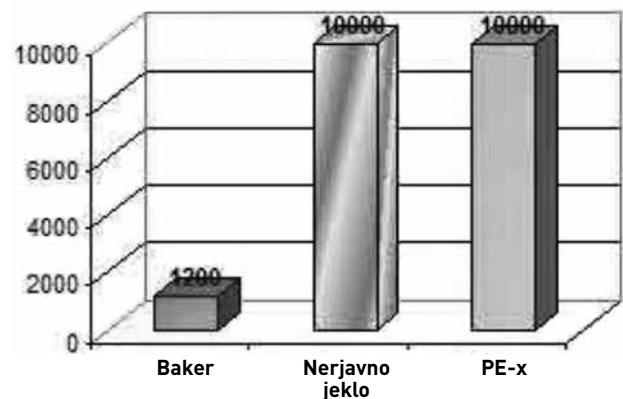
Legionela pri kroženju vode (CFU/l)



Slika 16

Pojav kolonij bakterije legionele pri zgolj kroženju vode
vir: raziskava KIWA

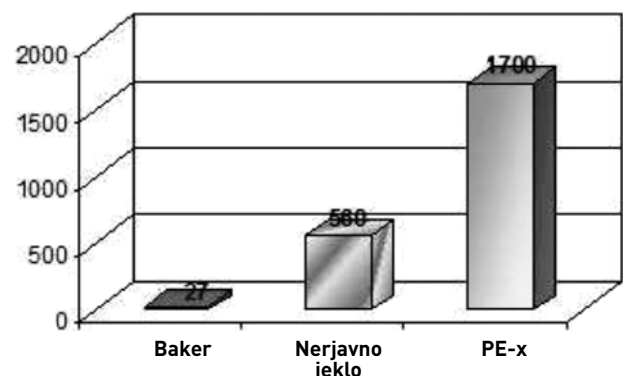
Legionela pri točenju in zastajanju vode



Slika 17

Pojav kolonij bakterije legionele pri točenju in zastajanju vode
vir: raziskava KIWA

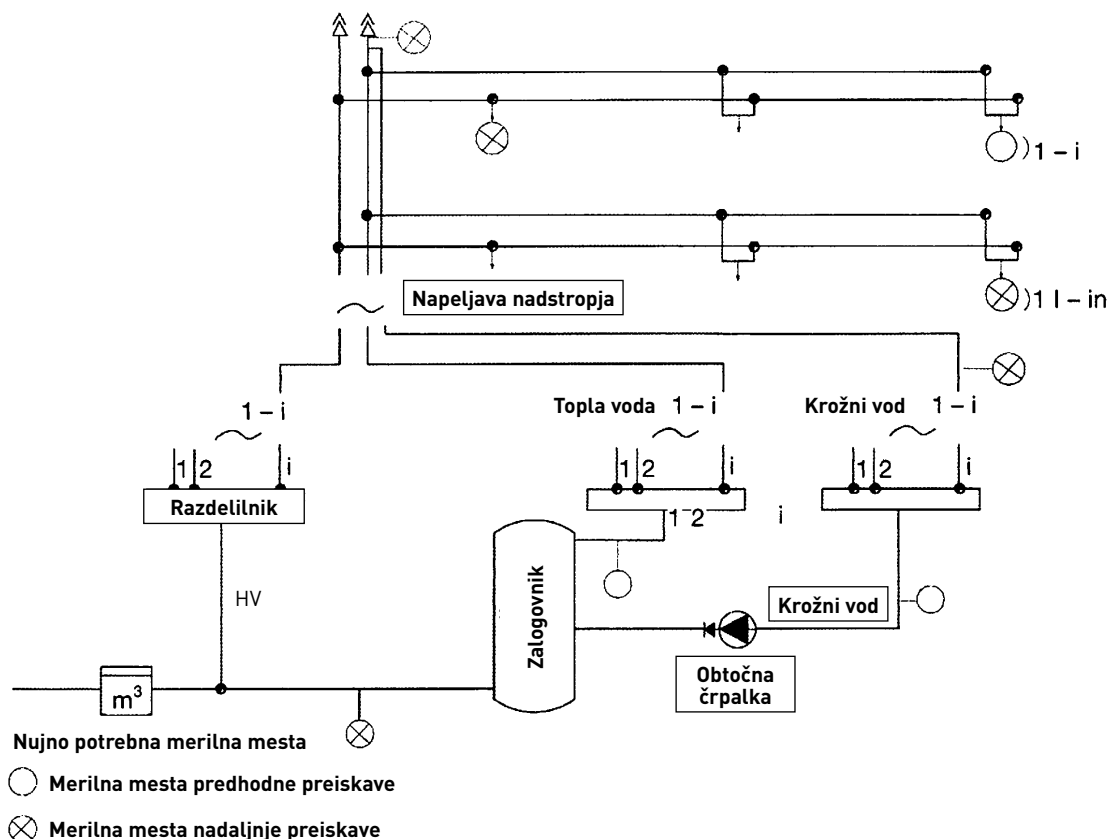
Legionela pri biofilmu (CFU/cm²)



Slika 18

Pojav kolonij bakterije legionele v nastalem biofilmu
vir: raziskava KIWA

¹²Opredelitev pojma pitna voda, povzeta po standardu SIST EN 806-1, 2000, točka 5 Pojmi in opredelitve.



Slika 19

Shema merilnih mest pri »predhodni« in »nadaljnji preiskavi«
vir: DVGW Arbeitsblatt W551 (2004)

60-krat več kot pri bakru. Rezultati so prikazani na Sliki 18.

Poleg tega so v zadnjem primeru izmerili največje vrednosti glede na vrsto materiala: za baker 600 CFU/cm², za nerjavno jeklo 8000 CFU/cm² in zamreženi polietilen 20.000 CFU/cm².

Iz prikazanega je mogoče izpeljati, da naj izbira materiala poteka v smeri od zamreženega polietilena za glavne cevne razvode proti bakru in nerjavnemu jeklu kot materialu za iztočne priključke, ki so običajno najbolj izpostavljeni oblaganju sten in rasti bakterije legionele.

Nemški predpis DVGW Delovni zvezek W 551 (2004) z naslovom *Trinkwassererwärmungs- und Leitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasser-Installationen*, ki se namensko nanaša na preprečevanje rasti bakterij legionele v vodovodnih napeljavah stavb, poenostavljeno in na kratko povzeto od projektanta in izvajalca zahteva naslednje:

- Izvedbo sistema tople pitne vode brez uporabe pocinkanih materialov.¹³

- Toplotno izolacijo cevodov hladne in tople vode debeline najmanj po DIN 1988-2.
- Izvedbo krožnega voda s povratnimi temperaturami nižjimi ne več kot 5 K od izstopne temperature iz zbiralnika tople vode. Drugo možnost predstavlja grejte cevodov s povijanjem z grelnimi kablji.
- Izvedbo odcepov tople vode brez krožnega voda ali povijanja grelnih kablov do prostornine 3 l.
- Izvedbo zbiralnikov vode skladno z DVGW-VP 670, ki zagotavlja enako toplo vodo na vseh njegovih delih.
- Zagotavljanje temperature najmanj 60 °C na izstopu iz zbiralnika tople pitne vode in enako temperaturo najmanj 1-krat dnevno na sistemu predgrevanja vode.

Nemški predpis se poleg temperaturnega razkuževanja opredeljuje tudi do kemičnega razkuževanja s klorom in UV sevanjem, pri čemer za slednjega ugotavlja, da ni nujno uspešen zaradi številnih vplivov. Prednost vsekakor daje toplotnemu in kemičnemu razkuževanju.

Tehnični predpis nadalje od uporabnika zahteva redno izvajanje mikrobioloških preiskav vodovodne napeljave, zato morata projektant in izvajalec pripraviti merilna mesta temperatur in odvzemna mesta vode. Tehnični predpis ločuje »predhodno«¹⁴, »nadaljnjo«¹⁵

¹³ Prostorska tehnična smernica TSG-12640-001: 2008 Zdravstveni objekti v poglavju 5.2 Strojno instalacijski sistemi pod priporočili dobre prakse za toplo pitno vodo izrecno dopušča uporabo pocinkanih cevi do nazivnega premera do DN 50 brez omejitev glede temperatur!

¹⁴ »Predhodna preiskava« je opredeljena kot potreben najmanjši obseg preiskave za zmožnost ugotovitve okužbe sistema.

¹⁵ »Nadaljnja preiskava« je opredeljena kot preiskava za določitev obsega okužbe sistema.

Število kolonij legionele (CFU/100 ml)	Vrednotenje	Ukrep	Nadaljnja preiskava	Naknadna preiskava
> 10.000	Izjemno visoka okuženost	Neposredno preprečevanje nevarnosti (razkuževanje in omejevanje uporabe, na primer prepoved prhanja). Nujna je sanacija	Takojšnja	1 teden po razkužitvi ali sanaciji
> 1000	Visoka okuženost	Sanacija odvisna od nadaljnje preiskave	Nemudoma	-
≥ 100	Srednja okuženost	Brez	V štirih tednih	-
< 100	Brez/nizka okuženost	Brez	-	Po enem letu

Tabela 3

Vrednotenje izvidov pri »predhodni preiskavi«
vir: DVGW Arbeitsblatt W551 (2004)

Število kolonij legionele (CFU/100 ml)	Vrednotenje	Ukrep	Nadaljnja preiskava	Naknadna preiskava
> 10.000	Izjemno visoka okuženost	Neposredno preprečevanje nevarnosti (razkuževanje in omejevanje uporabe, na primer prepoved prhanja). Nujna je sanacija	Takojšnja	1 teden po razkužitvi ali sanaciji
> 1000	Visoka okuženost	Potrebna kratkoročna sanacija	Znotraj treh mesecev	1 teden po razkuževanju ali sanaciji
≥ 100	Srednja okuženost	Zahtevana srednjeročna sanacija	Znotraj enega leta	1 teden po razkuževanju ali sanaciji
< 100	Brez/nizka okuženost	Brez	-	Po enem letu

Tabela 4

Vrednotenje izvidov pri »nadaljnji preiskavi«
vir: DVGW Arbeitsblatt W551 (2004)

in »naknadno¹⁶ preiskavo«. »Predhodna preiskava« se izvaja najmanj na enem iztočnem mestu vsakega od dviznih vodov, na izstopu in na vstopu krožnega voda v grelnik/zbiralnik vode. Pri »nadaljnji preiskavi« pa je treba vključiti še vstop hladne vode v grelnik/zbiralnik, iztočna mesta po vseh nadstropjih na vsakem dviznem vodu in pa mesto zaključka krožnega voda na vsakem dviznem vodu. Slikovno so merilna in odvzemna mesta prikazana na shemi – Slika 19 –, postopki pri posamezni preiskavi pa v tabelah 3 in 4.

Nemška smernica kot možne postopke sanacije naveda toplotno in kemično razkuževanje¹⁷ ter UV obsevanje. Pri slednjem opozarja, da prihaja pri tem do pretvorbe nitrata v nitrit, pri čemer je treba paziti, da ta ostaja znotraj dovoljenega območja za pitno vodo. Če se pokaže za potrebno, pa je treba izvesti tudi druge posege v samo napeljavo. Ena od možnosti, ki jo sicer ne predstavlja ta smernica, je tudi filtracija na iztočnih mestih (*Point-of-Use Filtration*) z vložkom z velikostjo por 0,2 µm.

Ameriška smernica ASHRAE Guideline 12-2000 *Minimizing The Risk of Legionellosis Associated with Building Water Systems*, ki se prav tako namensko

ukvarja s preprečevanjem rasti legionele v različnih vodnih sistemih, pa od projektanta in izvajalca poenostavljeno in na kratko povzeto za vodovodno napeljavo stavbe zahteva naslednje:

- Vzdrževanje hladne pitne vode pod 20 °C in tople pitne vode nad 60 °C, krožni vod pa sme imeti najnižjo temperaturo vrnitve 51 °C.
- Grelnik/zbiralnik vode s cevno kačo sme imeti »mrtvi« prostor z mlačno vodo.
- Pri večjih sistemih namestitev termostatskih mešalnih ventilov na prhah čim bližje pršnih glav – cev mešane mlačne vode od ventila do glave pa mora biti samoizpraznjevalna.
- Izogibanje uporabi tesnil in zvijavih cevi iz naravne gume.
- Uporabo orodij, ki čim manj poškodujejo cevni material in ne puščajo v njem ostankov.
- Zagotovitev temeljitih izpiranj.
- Pri sistemih z izjemno visoko stopnjo tveganja se morajo pršne glave in nastavki za bogatenje curka z zrakom (aeratorji) mesečno odstranjevati in razkuževati v raztopini natrijevega klorata (gospodinj-skega klorovega belila).

Ameriška smernica se opredeljuje tudi do kemičnega razkuževanja s klorom in pa baker-srebrovo ionizacijo, takšna naprava je prikazana na Sliki 20. Pri tem se

¹⁶»Naknadna preiskava« je opredeljena kot preiskava uspešnosti izvedenih ukrepov.

¹⁷V točki 8.2.2 kot kemično razkuževanje navaja uporabo raztopine klorovega belila (najmanj 10 mg/l prostega klora na iztočnem mestu) ob obvezni uporabi smernice DVGW-Arbeitsblatt W 291.

**Slika 20**

Primer naprave za baker-srebrovo ionizacijo
vir: proizvajalec AquaLyse

elektrolitsko proizvedeni bakrovi in srebrovi ioni v krožnem sistemu tople vode dvignejo do vrednosti med 0,2–0,8 mg/l za bakrove in 0,02–0,08 mg/l za srebrove ione.¹⁸ Je pa učinkovitost tega sistema znižana z naraščanjem pH vode.

V primerih, ko je treba izvesti temeljito razkuževanje vodovodnega sistema (na primer po izbruhu legionske bolezni), se mora dvigniti temperatura vode na 71 do 77 °C in izvajati izpiranje prav vsakega iztočnega mesta na napeljavi. Najkrajši čas izpiranja po priporočilih CDC (*Center for Disease Control*) znaša 5 minut, se pa priporočajo časi tudi 30 minut, če je kolonizacija bakterij močna. Število sočasno odprtih iztočnih mest je odvisno od sposobnosti (toplotne moči) grelnika in/ali prenosnika toplote ter pretočne sposobnosti sistema (premera cevi). Če stavba ni izpraznjena, je pri tem nujno opozoriti morebitne uporabnike vodovodnega sistema na nevarnost opeklin. Če ni mogoča izvedba toplotnega razkuževanja, se kot druga možnost pristopi k razkuževanju s klorinim šokom. Pri tem se je treba zavedati, da lahko pri tem prosti ostanki klora močno poškodujejo kovine. Za razkužitev je treba doseči v celotnem sistemu 2 mg/l preostanka prostega klora, za kar je lahko potrebna njegova stopnja pri grelniku ali zbiralniku med 20 in 50 mg/l. Izpiranje je treba izvesti na vsakem iztočnem mestu, dokler se ne začuti vonj po kloru. Klor mora ostati v cevni sistemu najmanj za čas dveh ur in ne več kot 24 ur, nakar je treba sistem temeljito izprati. Če se v sistemu ne bo

¹⁸Upoštevač strokovni članek objavljen v ICHE Journal, Vol. 32, Februar 2011, z naslovom: *Controlling Legionella in Hospital Drinking Water: An Evidence-Based Review of Disinfection Methods* je sistem baker-srebrove ionizacije potrjeno uspešen način razkuževanja, ki pa se na primer ni obnesel v Nemčiji zaradi njihove omejitve koncentracije srebra v pitni vodi (največ 0,01 mg/l). Slednje pomeni, da v vodi ni bila dosežena priporočena koncentracija za razkuževanje oziroma je bila ta precej pod priporočeno ravno. Pri nas Pravilnik o pitni vodi nima določene mejne vrednosti za srebro v pitni vodi, baker pa je omejen na vrednosti 2,0 mg/l. V ZDA je U.S. Environmental Protection Agency (EPA) postavila sprejemljivo največjo stopnjo vsebnosti ionov v pitni vodi 1,3 mg/l za bakrove in 0,1 mg/l za srebrove. EPA zdaj tudi zahteva, da se baker-srebrova ionizacija registrira kot biocid za uporabo v pitni vodi.

vzdrževala ustrezno visoka temperatura tople vode, se bo kolonizacija z bakterijo hitro ponovila.

Zavedati se je treba tudi, da se lahko v novi, vendar ne tudi dovolj uporabljeni vodovodni napeljavi bakterije legionele razmnožijo že samo v 14-ih dneh. Zato je pomembno, da se razvejana napeljava napolni z vodo ne predolgo pred dejansko uporabo stavbe in takrat izvedejo vsa potrebna izpiranja in njeno razkuženje, ali pa je treba v tem času za pretočnost in izplakovanje sistema neprestano skrbeti. Ob upoštevanju omejitev velja razmisliti tudi o izvedbi tlačnih in tesnostnih preizkusov v času izvedbe zgolj s stisnjenim zrakom ali inertnim plinom.

3.2 MASAŽNE KOPELI

Masažne kopeli tvorijo manjše kadi ali bazeni, ki se uporabljajo za oddih, higieno ali terapevtske namene. Običajno delujejo s krožečo vodo s temperaturami med 32 do 40 °C, ki je tudi razburkana preko visokohitrostnih šob in/ali z vpihavanjem zraka. Voda ni zamenjana po posamezni uporabi, ampak je čiščena in kemično obdelovana (običajno s klorom ali bromom) v namen bakteriološkega nadzora. Takšne kopeli so lahko postavljene znotraj ali zunaj stavb. Ker je količina vode na uporabnika majhna (običajno 300 l v primerjavi s plavalnim bazenom s 10.000 l na uporabnika), voda zelo hitro pridobi številna hranila zaradi uporabe različnih mazalnih krem, olj, kožnih lusk, bakterij in gliv ter drugih organskih snovi. Našteto lahko zahteva večjo potrebo po kemični obdelavi, to je dodajanje klora ali broma.

Do bakterij legionele v masažnih kopalnicah se opredeljuje ameriška smernica ASHRAE Guideline 12-2000 *Minimizing The Risk of Legionellosis Associated with Building Water Systems*, ki navaja, da zdravstveni predpisi zahtevajo uporabo filtrov, pri čemer je njihova pretočnost omejena na njihovo površino, in sicer glede na vrsto filtra:

- visoko učinkovit peščeni filter – 3,4 do 6,7 l/s na m²;
- filter s kremenastimi algami (diatomejami) – 1 l/s na m²;
- filter v tulcu – 0,25 l/s na m².

Vzdrževanje filtra zajema redno povratno izpiranje za odstranitev organskih ostankov. Časovno pogostost praviloma določi proizvajalec prednostno v odvisnosti od pretečene vode. Praviloma je potrebno pri pogostejši uporabi masažne kopeli povratno izpiranje filtra enkrat dnevno. Filtri v tulcu morajo biti redno čiščeni ali zamenjani (enkrat ali dvakrat v tednu).

Vezano na kemijsko obdelavo vode smernica usmerja k uporabi standardov ANSI/NSPI (*American National Standards Institute and National Spa and Pool Institute*), ki so bili rahlo spremenjeni s strani CDS (*Center for Disease Control*) skozi »*Interim Recommendations to Minimize Transmission of Legionnaires Disease from Whirlpool Spas on Cruise Ships*«. Vrednosti pri kemijski obdelavi vode za masažne kopeli so prikazane v Tabeli 5.



Slika 21

Primer masažne kopeli
vir: medmrežje



Slika 22

Primer okrasne fontane
vir: medmrežje

Halogeni in kislost/ bazičnost vode	Najmanjša vrednost	Srednja vrednost	Najvišja vrednost
Prosti klor (mg/l)	3,0	4,0–5,0	10,0
Kombinirani klor (kloramin) (mg/l)	Nič	Nič	0,2
Brom (mg/l)	4,0	4,0–6,0	10,0
pH	7,2	7,4–7,6	7,8

Tabela 5

Vrednosti halogenov in lastnost vode masažnih kopeli
vir: ASHRAE Guideline 12-2000

Najvišja vrednost 10,0 mg/l prostega klora ali broma se ne sme uporabljati kot ciljna izkustvena vrednost, ta vrednost je zgolj dopustna kot kratkotrajna najvišja vrednost. Kot idealna vrednost naj se privzame tista, ki je najmanjša potrebna za nadzor bakterije legionele, saj je legionela razmeroma odporna na halogene (v primerjavi z drugimi bakterijami in virusi). Vzdrževanje ravni prostih halogenov je **absolutno merilo** za nadzor rasti bakterij (tudi legionele) v masažnih kopelih. Zaradi tega je potrebno neprestano merjenje parametrov, najbolj samodejno.

Pri masažnih kopelih se uporabljajo tudi druge postranske metode obdelave vode, kot na primer: obdelava vode z baker/srebrovimi ioni, z jodom, ultravijolično svetlobo in ozonizacija.

Bakteriološko spremljanje stanja vode lahko pomembno pripomore k varni uporabi, vendar pa ne more takoj opozoriti na nevarna stanja v vodi, saj preiskava vzorcev traja vsaj 24 ur in več, tako da ta način služi predvsem za potrditev pravilnosti izvajanih ukrepov. Dopustne vrednosti bakterioloških parametrov so podane v Tabeli 6.

Bakteriološki parameter	Največja vrednost
Število gliv na standardni kamniti plošči (35 °C)	< 200 CFU/ml
Skupno koliformne bakterije	£ 2 organizma na 100 ml
Fekalne koliformne bakterije	Nedovoljeno
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (41 °C)	Nedovoljeno
<i>Legionella sp.</i>	Nedovoljeno

Tabela 6

Dopustne vrednosti bakterij v vodi masažnih kopeli
vir: ASHRAE Guideline 12-2000

ANSI/NSPI priporočila vključujejo izklop masažne kopeli ob vsakem koncu dneva z namenom izvedbe superhalogenizacije z uporabo 10 mg/l ali 10-kratno stopnjo kloramina za čas ene do štirih ur. Za odstranitev stopljenih trdnih in organskih delcev v vodi se naj ta zamenja najmanj enkrat tedensko (odvisno od dejanske uporabe). V posebno obremenjenih masažnih kopelih je morda nujna tudi dnevna menjava vode. Vsekakor se mora ob menjavi vode izvesti tudi temeljito čiščenje, ki vključuje krtačenje površin in zajezitev v prelivih, vse z namenom popolne odstranitve nastalih biofilmov.

Vsekakor je izredno pomembna ter nujna usposobitev vzdrževalnega osebja za varno uporabo, nadalje pa tudi beleženje kemičnih meritev stanj vode, povratnega izpiranja filtrov, menjave vode ter čiščenj. Vse analize vode iz laboratorijev morajo biti skrbno hranjene za dobo najmanj dveh let.

3.3 OKRASNE FONTANE

Pri teh sistemih se voda prši pod tlakom v okolico ali pa se preliva stopničasto preko izbranega materiala, v obeh primerih pa se vrača nazaj v zbiralnik. Okrasne fontane največkrat obratujejo po urniku. Temperature vode so običajno višje od okoliškega zraka, saj temperaturo vode dviguje tudi črpalčna oprema. Zaustavitev

sistema še posebej lahko povzroči lokalne dvige temperature vode. Voda pobere pri svojem kroženju veliko hranil iz zraka, mogoči in verjetni pa so tudi drugi viri onesnaženja vode – odvrženi različni materiali s strani ljudi. Alge in bakterije predstavljajo še posebno težavo pri globinah zbiralnika 1 m in več.

Ameriška smernica ASHRAE Guideline 12-2000 *Minimizing The Risk of Legionellosis Associated with Building Water Systems* priporoča, da se pri načrtovanju upošteva dvojje:

- praznjenje mora biti izvedeno na najnižjem delu zbiralnika, brez vsakršnih nižjih točk kjer koli v sistemu, oziroma morajo vsi ti biti opremljeni z možnostjo izpraznitve;
- upoštevati je treba možnost ustreznega vzdrževanja. Dostop do črpalk in filtrov mora biti ustrezen, prav tako pa mora biti onemogočeno zastajanje vode na katerem koli mestu.

Vezano na vzdrževanje ima ista smernica naslednji priporočili:

- vzpostavljeno naj bo redno čiščenje;
- uporaba filtrov oziroma pri manjših sistemih redna menjava vode vsakih nekaj tednov.

Če je fontana na mestu, kjer je temperatura ugodna za rast in bohotenje bakterij legionele, naj se voda obdeluje z biocidi. Za okrasne fontane velja, da morajo biti ti ustrezni prav za ta namen. Sicer pa je mogoče glede obdelave vode upoštevati tudi zapisano za hladilne stolpe in hlapilne kondenzatorje v poglavju 2.3.

4. VODNI VARNOSTNI NAČRT

4.1 POT DO OBVLADOVANJA TVEGANJA

Svetovna zdravstvena organizacija (*WHO – World Health Organization*) je razvila okvir za zagotavljanje zdravstveno varne vode v stavbah, ki se prednostno uporabi za ocenjevanje in obvladovanje tveganja, ki ga predstavlja bakterije legionela. Imenovani okvir, predstavljen na Sliki 23, sestavljajo trije sklopi:

**zdravstveno naravnani cilji* – ti so običajno izdelani na državnih ravni popolnoma ali pa ob sodelovanju s strani pooblaščenih strokovnjakov iz zdravstvenega kroga;

**vodni varnostni načrt* – načrt, za katerega izdelavo je zadolžen uporabnik, ki upošteva posebnosti vodnih sistemov stavbe;

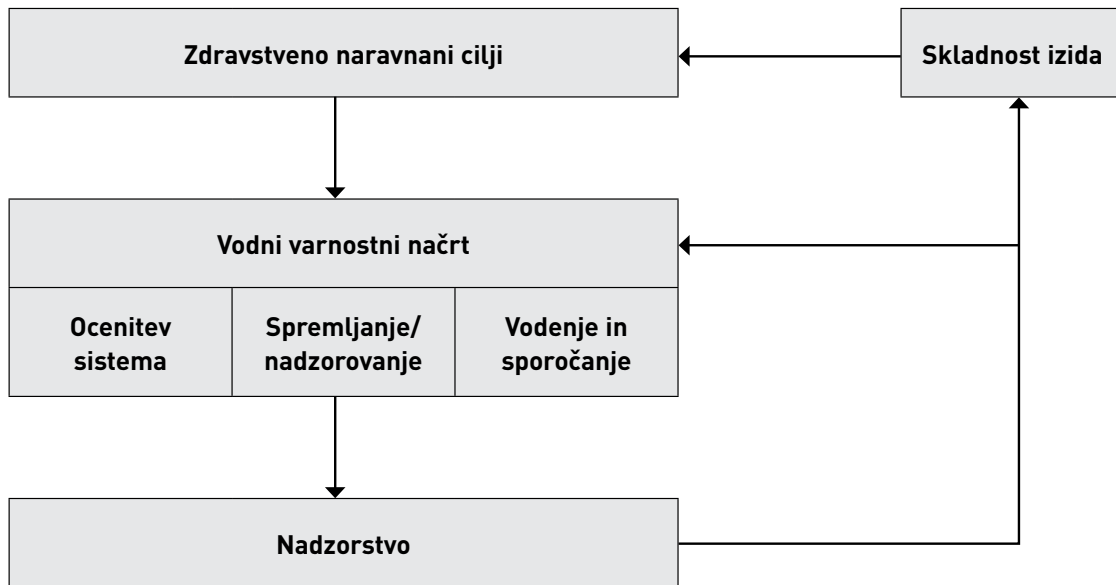
**nadzorstvo* – neodvisno preverjanje s strani nadzornega organa ali regulatorne agencije.

»Zdravstveno naravnani cilj« lahko predstavlja že preprosta zahteva po »preprečitvi pojava legionarske bolezni zaradi neustreznega vodovodnega omrežja«.

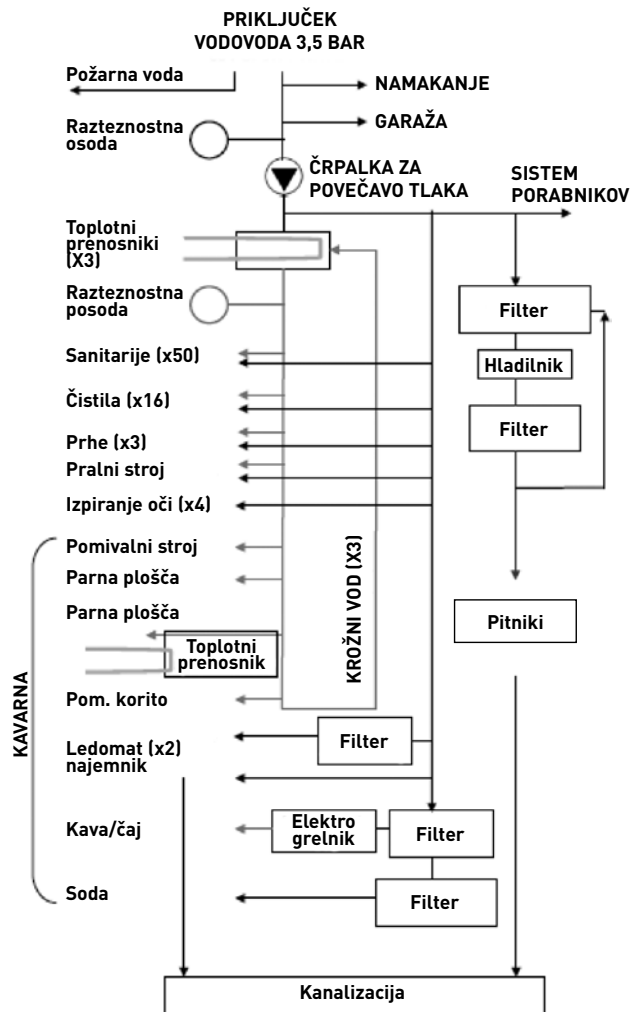
V RS Pravilnik o pitni vodi (Ur. l. RS, št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06 in 25/09) v tretjem členu navaja, da je voda zdravstveno ustrezna, če ne vsebuje mikroorganizmov, parazitov in njihovih razvojnih oblik v številu, ki lahko predstavlja nevarnost za zdravje ljudi. Nadalje v tretjem odstavku 9. člena še navaja: V javnih objektih (vrtci, šole, bolnišnice, restavracije ipd.) je za odpravo neskladnosti, ki so posledica hišnega vodovodnega omrežja ali njegovega vzdrževanja, odgovoren lastnik ali upravljavec javnega objekta. Torej je dolžnost vzdrževanja higiensko ustreznega vodovodnega omrežja v teh objektih naložena uporabniku ali lastniku stavbe. Zato je pomembno, da imajo ti objekti izdelan »Vodni Varnostni Načrt« (VVN), ki ga tudi vsi zadolženi redno in strokovno izvajajo.

V ZDA je v strokovni obravnavi osnutek novega standarda z oznako ANSI/ASHRAE Standard 188P, ki nosi naslov *Prevention of Legionellosis Associated with Building Water Systems* in povzema bistvene zahteve WHO. Standard zahteva izdelavo analize tveganj in določitev kritičnih nadzornih točk (*Hazard Analysis and Critical Control Points – HACCP*) glede legionarske bolezni v bolnišnicah, oskrbovanih stanovanjih (domovih za ostarele), poslovnih in stanovanjskih stavbah, hotelih ter drugih stavbah z 10 etažami ali več, centralno pripravo tople pitne vode ali dovod pitne vode v stavbo z vsebnostjo klora manj kot 0,5 ppm. Standard, ki naj bi izšel še v tem letu, obravnava analizo tveganj in kritičnih nadzornih točk tudi za hladilne stolpe, masažne kopeli, okrasne fontane, pralnice ter vlažilnike zraka. Po vzoru WHO standard nalaga zlasti odgovornost za izvajanje nalog lastnikom objektov in obratovalnemu osebju.

Standard zahteva, da vodni varnostni načrt, izdelan po načelu analize tveganj in kritičnih nadzornih točk (HACCP), vključuje spisek vseh vodnih sistemov v stav-



Slika 23
Okvir za zagotavljanje zdravstveno varne vode v stavbah
Vir: WHO (2004)



Slika 24
Primer diagrama pretoka pitne vode v stavbi
Vir: ANSI/ASHRAE Standard 188P

bi in najmanj dva diagrama pretokov vode: prvega za pitno vodo in drugega za nepitno vodo, namenjeno tehnološkim potrebam stavbe. Primer diagrama pretoka pitne vode v stavbi iz osnutka standarda je predstavljen na Sliki 24. V sistemih, kjer lahko kakor koli pride do nevarnosti zadrževanja in prenosa bakterije legionele, morajo biti postavljeni nadzorni mehanizmi na vseh kritičnih točkah.

Nadzorni mehanizmi morajo biti vzpostavljeni na vseh tistih mestih vodnih sistemov stavbe, kjer je ugotovljeno, da sta rast ter prenos legionele precej verjetna, prav tako pa je na teh mestih mogoč uspešen nadzor. Ta mesta se imenujejo nadzorne točke. Posebne nadzorovane vrednosti (na primer vsebnosti klora v okraških fontanah) morajo biti predpisane za vsakega od nadzornih mehanizmov, prav tako pa tudi z načinom in pogostostjo izvajanja nadzora. Popravni ukrepi morajo biti prav tako navedeni, da se ugotovljene neustrezne vrednosti lahko spravijo znotraj okvira dopustnih. Vsi ukrepi in metode morajo biti zabeleženi, dokumentacija pa preverjena znotraj predpisanega časovnega obdobja s strani odgovorne osebe, zadolžene za izvajanje. In končno, celotna učinkovitost postavljenega načrta mora biti priglašena in uradno potrjena.

4.2 PRIPRAVA VODNO VARNOSTNEGA NAČRTA

»Vodni Varnostni Načrt« (VWN) sestoji iz treh ključnih sklopov:

* **OCENITVE SISTEMA** – določitev, ali je kakovost vode na izpostavljenih točkah uporabe ali stika z njo skladna z zdravstveno naravnanimi cilji, ki imajo osnovo v oceni tveganja izpostavljenih oseb;

* **SPREMLJANJA/NADZOROVANJA** – ugotavljanje in nadziranje ustreznosti ukrepov zagotavljanja kakovosti vode (temperatura, pH ...);

* **VODENJA IN SPOROČANJA** – pisno beleženje ocenitve ter spremljanja/nadzorovanja vodovodnega sistema z opisovanjem rednih dejavnosti, privzetih ob običajnem delovanju, ter izrednih dejavnosti ob odstopajočih primerih, vključno z obveščanjem in sporočanjem (na primer popravnih ukrepov ob zaznavi škodljivih izvidov).

Vodni varnostni načrt mora biti upoštevajoč priporočila WHO prednostno pripravljen skupaj z vsemi vpletenimi stranmi (zdravstveno inšpekcijo, upravnikom javnega vodovodnega omrežja, tehničnim upravnikom stavbe in izvajalcem postopkov obdelave vode) ter tudi vsem stranem na razpolago. Načrt naj se redno pregleduje zaradi morebitnih sprememb in izboljšav na sami napeljavi. Na Sliki 25 so prikazani ključni koraki za razvoj »Vodnega Varnostnega Načrta« (VVN).

* **OCENITEV SISTEMA**

Ocenitev sistema podpira kasnejše korake v načrtovanju, ki omogočajo razvoj in vključitev učinkovitih možnosti nadzovanja nevarnosti. Ti koraki, prikazani shematsko na Sliki 25, so naslednji:

- oblikovanje skupine,
- zabeležba in opis sistema,
- ocena nevarnosti in prednostnih tveganj,
- ocena sistema.

Oblikovanje skupine

V pripravljalni fazi razvoja VVN mora biti oblikovana skupina strokovnjakov s polnim razumevanjem posameznega vodnega sistema. Dejansko in globoko razumevanje sistema je ključnega pomena. Vključevati mora vedenje o načrtovanih prednostih in slabostih ter obratovalnih značilnostih, da se lahko sprejmejo ustrezne odločitve glede vzdrževanja sistema in njegovega spremljanja. Pri tem predstavljajo strokovna izobraženost in izkušnje pomemben dejavnik kakovosti ocenjevanja sistema. Zaradi preprečevanja navzkrižja interesov naj bodo ocenjevalci prednostno neodvisni od izvajalcev postopkov obdelave vode. Poznavati morajo okoljske faktorje, ki spodbujajo rast legionele v vodnem sistemu, prav tako morajo razumeti njegov načrt in izvedbo ter njegove morebitne spremembe in predelave, še posebej pri razvejanem sistemu. Ocenjevanje močno prepletenih sistemov običajno zahteva različna znanja, zato ga najbolje izvede skupina, sestavljena iz predstavnikov različnih strok, ki lahko upoštevajo vse vidike delovanja in upravljanja sistema, vključno z mikrobiološkim. Vedno pa ni mogoče oblikovati takšne ekipe, zato naj bo ocenjevanje takšne vrste in ravni, da je dejansko uresničljivo.

Zabeležba in opis sistema

Razvejani in prepleteni vodni sistemi so največkrat povezani z razširjeno človeško izpostavljenostjo bakterijam legionele. Spoznavanje poteka takšnega sistema je pomemben korak pri nadziranju poselitve bakterije, čeprav je naloga lahko težka in se zanjo porabi veliko

časa. Zato je pomembno, da je na razpolago dejanski načrt izvedenih del (PID). Če pa tega načrta ni, je za izdelavo posnetka poteka cevovodov potrebna velika stopnja tehničnih sposobnosti in je lahko najprimerneje to nalogo prepustiti posebnemu strokovnjaku. Neodvisni strokovnjak za to nalogo lahko močno pripomore k odkritju napak že pri samem načrtovanju in/ali kasnejši izvedbi. Redni vzdrževalni posegi in zamenjave sestavnih delov sistema naj vedno ustrezajo zahtevam posameznega proizvajalca ali obstoječim navodilom, izvajati pa jih morajo vedno le ustrezni strokovnjaki. Načrt izvedenih del s popisom materiala in del se lahko uporabi za določitev vzdrževalnih potreb celotnega sistema.

Ocena nevarnosti in prednostnih tveganj

Vodni sistem naj bo ocenjevan posamezno, pri čemer se upošteva neposredna bližina in občutljivost ljudi ter način prenosa iz vodnega vira. Pri tem morajo biti upoštevana tudi možna tveganja, povezana s sistemom. Ta korak vključuje opredelitev lastnosti vodnega sistema, nevarnosti, ki se lahko pojavijo in na kakšen način predstavljajo tveganje, nadalje pa še postopke in uporabe, ki lahko vplivajo na kakovost vode.

Ocena sistema

Ta korak vključuje ocenjevanje obstoječega sistema, vključno z opisom sistema in tokom vode. Namen priprave toka vode je v povečanju natančnosti vrednotenja vodovodnega sistema in razumevanju njegove zasnove. Tok vode – sistematična predstavitev sosledij korakov ali delovanj pri obdelavi vode – se lahko uporabi za prikaz:

- poti, skozi katere lahko legionela pride do uporabnikov;
- točk nadzornih mest in potrebnih izboljšav;
- povezav, smeri vodnega toka in odgovornosti v postopku dobave vode – na primer mesto prenehanja odgovornosti upravnika javnega vodovoda (npr. vodomer) in mesto, kjer se začne odgovornost uporabnika/lastnika (npr. prvi zaporni ventil za njim).

V namen preprečitve podvajanja lahko prikaz toka vode napoti uporabnika na drugo pripadajočo dokumentacijo s potrebnimi podrobnostmi. To dokumentacijo lahko na primer predstavlja načrt vodovodnega omrežja, ki se prednostno uporabi za določitev možnih mest zastajanja vode.

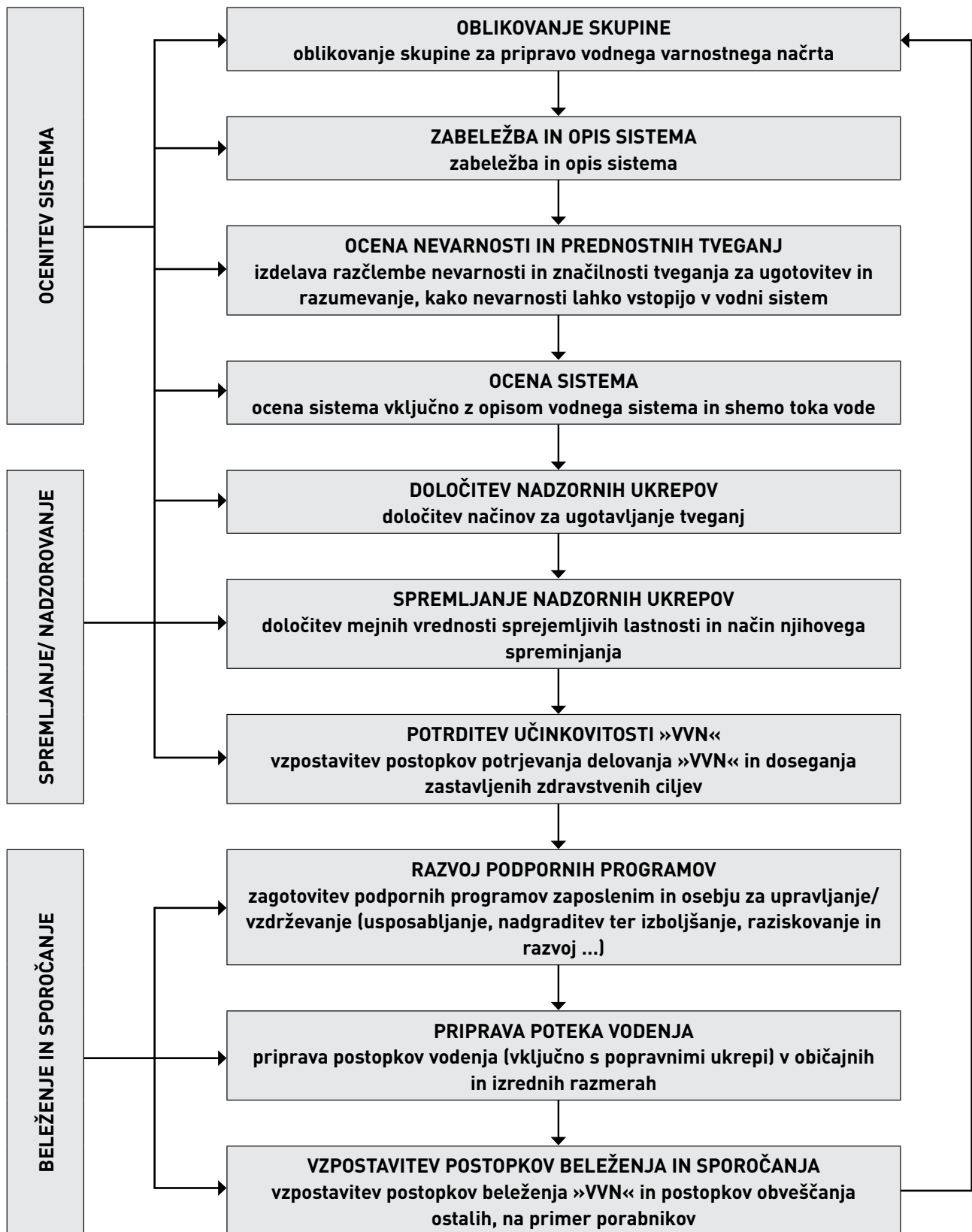
* **SPREMLJANJE/NADZOROVANJE**

Koraki, ki vključujejo spremljanje/nadzorovanje, prikazani tudi shematsko na Sliki 25, so naslednji:

- določitev nadzornih ukrepov,
- spremljanje nadzornih ukrepov,
- potrditev učinkovitosti VVN.

Določitev nadzornih ukrepov

Nadzorni ukrepi so uporabljene dejavnosti ali postopki na sistemu v namen preprečitve ali zmanjšanja nastanka nevarnosti. Določeni sistemi vsebujejo ključne nadzorne točke, to je tiste, na katerih je nadzor za preprečitev ali odstranitev nevarnosti nujen. Nadzorni



Slika 25
Vodni Varnostni Načrt (VWN)
Vir: WHO (2004)

ukrepi glede mikroorganizmov v vodovodnem sistemu vključujejo:

- izločitev mikroorganizmov,
- upravljanje vodnega okolja v namen preprečevanja naseljevanja in/ali omejevanja razraščanja mikroorganizmov (na primer z nadzorom stopnje hranil, vzdrževanjem temperature in preprečevanjem zastajanja vode),
- uporabo razkužil.

V nadaljevanju so prikazani načini nadzora legionele. Vsak VVN naj prednostno vključuje sestavo več različnih metod, namesto zanašanja zgolj na eno samo.

Izključitev mikroorganizmov

V večini vodnih sistemov ni izvedljiva popolna izključitev bakterije legionele ali preprečitev njenega ponovnega pojavljanja, ker sicer nizko število legionel lahko vstopa v napeljavo skozi vodovodni priključek iz javnega vodovodnega omrežja. Zaradi tega mora biti poudarek na samem načrtovanju in nadziranju stanja.

Upravljanje vodnega okolja

Omejevanje števila in vrste hranil, predvsem organskih, ki so na razpolago bakteriji v vodnem sistemu, predstavlja pomemben nadzorni ukrep. Raven hranil se lahko nadzira na naslednje načine:

- z izborom materialov, ki ne predstavljajo podlage ali hranila za nastanek in razvoj biofilma;
- zagotovitev, da so kemični dodatki za nadzor izločanja vodnega kamna, korozije in mikroorganizmov uporabljeni v pravilni in učinkoviti količini in so kemično združljivi (to je ne nasprotno delujoči eden proti drugemu in tudi samemu vodnemu sistemu);
- upoštevanje lastnosti materiala, uporabljenega v vodnem sistemu (to je izolacijske lastnosti, možnost korozije, medsebojno vplivanje s sredstvi za razkuževanje);
- zagotovitev, da je načrtovanje vodnega sistema ustrezno in bo preprečeno nabiranje biofilma, usedlin in gošče (to je, da so izločeni slepi vodi in zastajanje vode ter je omogočen dostop za vzdrževanje in čiščenje).

Preprečitev nizkega pretoka in zastajanja vode

Preprečitev nizkega pretoka in zastajanja vode je nujen in pomemben nadzorni ukrep, zato mora biti sistem zasnovan za kar mogoče majhno zastajanje vode že v fazi načrtovanja. Paziti je tudi treba, da pri morebitnih predelavah na napeljavi ne prihaja do ustvarjanja takšnih mest. Na mestih, kjer se majhnim pretokom ni moč izogniti, pa je treba najmanjše pretoke zagotoviti z redno uporabo. Na primer pri vodovodni napeljavi: pri mešalnih ventilih tople vode naj bodo ti čim bližje iztočnim mestom. Sicer pa morajo biti nastavljeni (vsaj ob toplotnem razkuževanju) tako, da je zagotovljena dovolj visoka temperatura (≥ 55 °C) na vseh mestih dvižnih vodov tople vode. Odstopanje od te vrednosti je dovoljeno največ za čas 8 ur v 24 urah! Vodni sistemi, ki so izpostavljeni zastajanju vode, morajo biti redno

preplakovani ali razkuženi, temperatura pa mora biti izven območja rasti legionele (pod 20 in več kot 55 °C). Pri preplakovanju cevovodov se je treba zavedati, da so ljudje pri tem izpostavljeni aerosolom.

Zvijave cevi in iztočna mesta z mrežicami (aeratorji)

Iztočna mesta, ki jih predstavljajo končni porabniki na zvijavih ceveh (na primer bolnišnični izlivnik), prhe s pršnimi glavami ter iztoki z mrežicami, so potrebna posebne obdelave in ukrepov:

- daljše zvijave cevi manj uporabljenih porabnikov se mora enkrat mesečno odviti in razkužiti;
- k prham je na priključke zvijavih cevi treba prigraditi »protibakterijske izcejalnike«, pri čemer morajo biti osebje in uporabniki podučeni, da so ti namenjeni praznjenju vode iz zvijavih cevi – pršne glave s cevmi se morajo po uporabi namestiti visoko, da voda iz njih lahko izteče;
- poskrbeti je treba za najmanj enkrat mesečno čiščenje pršnih glav in iztočnih mrežic usedlin in vodnega kamna z njihovim odstranjevanjem in namakanjem v raztopini gospodinjskega klorovega belila. Najbolje je, da so vsa iztočna mesta brez mrežic (aeratorjev).

Nadzor temperature

Vzdrževanje temperature vode izven ugodnega območja za rast legionele predstavlja pri vodovodni napeljavi učinkovit ukrep tako za hladno kot tudi toplo vodo. Vodovodna napeljava naj tako:

- se izogne temperaturi vode med 25 in 45 °C za preprečitev naselitve bakterije legionele;
- najbolje vzdržuje hladno vodo pod 20 °C;
- najbolje vzdržuje toplo vodo nad 50 °C.

V nekaterih sistemih to morda ni mogoče zaradi narave sistema. Pri takšnih sistemih naj se temperature vzdržujejo na spodnji in zgornji meji območja razmnoževanja legionele. Pri uporabi tople pitne vode mora biti pri tem poskrbljeno, da se ne poveča nevarnost opeklin z vročo vodo, še posebej otrok, starejših in nemočnih.

Spremljanje nadzornih ukrepov

Spremljevalni program naj bo razvit za posamezni vodni sistem z namenom zagotovitve učinkovitosti pripravljenih ukrepov. Nadzorna mesta naj bodo določena po celotnem vodnem sistemu in za vsak predvideni nadzorni ukrep na osnovi samega načrta napeljave, delovnih stanj in višine tveganja. Posebna pozornost naj bo posvečena težko dosegljivim mestom, kjer legionela najlažje raste. Nadziranje naj se izvaja prednostno s pomočjo preprostih in hitrih preizkusov (ISO 5667 lahko služi za pripravo vzorčenja), kjer pa je mogoče, naj bo nadzor stalno vzpostavljen kot samodejen. Oprema naj bo tudi pripravljena, da je omogočeno takojšnje ukrepanje v primeru okvar ali odstopanj od zastavljenih ciljev, vse z namenom, da ostanejo vrednosti kolonij bakterije znotraj dovoljene okvirja (vsak cilj mora biti merljiv, na primer z

vrednostjo temperature, biocidno količino ali heterotrofne števila). Dobljeni rezultati naj se uporabijo za ocenjevanje programa vzdrževanja in izboljšave sistema. Vsi zabeleženi podatki naj bodo tekoči in dostopni, tako da je sistem vedno mogoče oceniti.

Potrditev učinkovitosti VVN

Ta korak zajema razvoj postopkov za preveritev učinkovitosti delovanja VVN in doseganja zastavljenih ciljnih vrednosti, to je, zajema spremljanje posameznih sklopov in mest vodnega sistema za določitev, ali VVN uspešno omejuje legionelo v sistemu. Pojma potrditev in preverjanje sta opredeljena v spodnjem okviru.

Potrditev predstavlja postopek pridobitve natančnih in zanesljivih dokazov, da je Vodni Varnostni Načrt (VVN) učinkovit.

Preveritev je opredeljena kot uporaba načinov, postopkov ali preizkusov, v povezavi s tistimi, uporabljenimi pri obratovalnem spremljanju, za namen ugotovitve, ali lastnosti vode ustrezajo postavljenim zdravstvenim ciljem. Preveritev lahko izvaja neodvisni preglednik, kar pokaže celovito stanje glede lastnosti vodnega sistema.

V primeru ugotovitve neustreznosti načrta za omejevanje rasti legionele se morajo obratovalni postopki ponovno pregledati in nadzorni ukrepi nujno ponovno oceniti. Ocena zdravstvenega tveganja sistema je nujna za določitev, ali se načrt za obvladovanje nepredvidljivih razmer lahko uporabi (na primer odmerjanje razkužila).

Izkazalo se je, da je dejansko majhna povezava med izvidom vrste bakterij legionele in zdravstvenim tveganjem za ljudi. Izvid glede vrste legionele ne more veljati kot nadzorni ukrep zaradi:

- dvoma glede zanesljivosti ugotovljene vrste,
- časovne zakasnitve,
- razlik glede zahtev za posamezne vrste legionele,
- gibljivosti njene poseljenosti.

Čeprav ugotavljanje vrste legionele ne more veljati za nadzorni ukrep, lahko dobljen izvid služi namenu potrditve ustreznosti in učinkovitosti VVN. Potrditev običajno vključuje bolj široko in temeljito spremljanje kot običajno obratovalno spremljanje z namenom dejanske ugotovitve, ali se sistem obnaša kot privzeto skozi ocenitev. Obratovalno spremljanje nadzornih ukrepov se naj izvaja preko ugotavljanja dejanskih izvidov (spremljanja vsebnosti razkužila, temperature vode in vrednosti pH), vzorčenje legionele za tovrstno spremljanje preprosto ne more podati izvidov dovolj hitro.

* BELEŽENJE IN SPOROČANJE

Koraki pri tem sklopu so naslednji:

- razvoj podpornih programov,
- priprava postopkov upravljanja,
- vzpostavitev postopkov beleženja in sporočanja.

Razvoj podpornih programov

Podporni programi predstavljajo dejavnosti, ki so pomembne za zagotovitev varovanja vode, ne predstavljajo pa nadzornih ukrepov. Ti vključujejo:

- usposabljanje in izobraževanje osebja, ki s svojim delom lahko kakor koli vpliva na kakovost vode (te dejavnosti lahko vključujejo ponovitev usposabljanja ali posodobljeno usposabljanje, pri čemer naj se vsi programi usposabljanj hranijo);
- zbiranje dokaznih podatkov, na podlagi katerih temeljijo zdravstveni cilji;
- razvoj postopkov preverjanja za uporabo kemičnih sredstev in drugih nadzornih ukrepov (to je zagotovitev uporabe sredstev dobaviteljev, ki sodelujejo v programu zagotavljanja kakovosti).

Podporni programi so lahko določeni in vključeni z VVN kot del postopka ocenjevanja sistema.

Priprava postopkov upravljanja

Učinkovito upravljanje z vodovodnim sistemom naj vključuje postopke:

- potrebnih dejavnosti kot odgovor na spremembe v vodnem sistemu, ki se pojavijo ob običajnih pogojih delovanja;
- dejavnosti, ki se morajo izvesti v posebnih »nesrečnih« dogodbah;
- dejavnosti, ki se morajo izvesti ob nepredvidenih in izrednih dogodbah;
- gibljivosti poseljenosti.

Postopki naj bodo stvarni, brez nepotrebne zapletenosti delovanja sistema. Jasno naj določijo odgovornosti posameznih udeležencev, vključenih v delovanje in vzdrževanje vodnega sistema, prav tako pa tudi posamezno odgovornost za celotno izpolnjevanje zahtev.

Vzpostavitev postopkov beleženja in sporočanja

Dokumentacija VVN naj obsega:

- podrobnosti vseh udeležencev pri razvijanju in določanju nadzornih ukrepov ter vzdrževalnih metod (ta del naj jasno opredeli posamično in vodstveno odgovornost za izvajanje in pregledovanje VVN);
- nedvoumno ugotovitev odgovornosti in potek sporočanja med celotnim osebjem za zagotovitev:
 - učinkovitega sodelovanja med osebjem, zadolženim za obratovanje in vzdrževanje;
 - hitrega in celovitega odgovora na ugotovljene pomanjkljivosti upravljanja sistema;
 - sodelovanja pri neprestanem pregledovanju in ocenjevanju postopka.
- spisek določenih ciljev, nadzornih ukrepov in opazovanih točk;
- beleženje vseh vzdrževalnih posegov, nadzornih ukrepov in podatkovnih preverjanj;
- dejavnosti, ki morajo biti izvedene skozi redno vzdrževanje sistema in njegovih delov, ter posegi,

- ki morajo biti izvedeni v primeru izpada nadzora nad spremljanjem ali potrjevanjem stanj;
- potek poročanja med vsemi zadolženimi za stanje in vodenje sistema ter določitev dejavnosti glede poročanja dobljenih izvidov;
- načrt v sili, ki jasno določi takrat potrebne dejavnosti in potek sporočanja ter prijavljanja, vključno z določitvijo okoliščin, v katerih se načrt v sili začne izvajati;
- opis in oceno vodnega sistema, vključno z njegovo shemo;
- načrt obratovalnega spremljanja in potrjevanja (pogostost spremljanja, ciljne ravni posameznih vrednosti);
- opis podpornih programov (cilji usposabljanj in navodil);
- postopke varnostnega upravljanja v običajnih razmerah, nesrečah in izrednih primerih.

Beleženje je nujno za pregledovanje ustreznosti VVN in za zagotovitev, da vodni sistem od njega ne odstopa. Za slednje je potrebno beleženje naslednjega:

- podpornih listin za razvoj VVN, vključno s potrjevanjem (postopek pridobivanja natančnih in zanesljivih dokazov, da je VVN učinkovit);
- zapisov in izvidov, pridobljenih skozi obratovalno spremljanje in preverjanje;
- izidov raziskovanj nesreč;
- uporabljenih načinov in postopkov;
- programov usposabljanja osebja.

Ponavljajoče pregledovanje zapisov je priporočljivo, saj je mogoče iz njih ugotoviti težnje in takoj vzpostaviti primerne dejavnosti za ohranjanje varnosti in kakovosti vode v določenem sistemu. Oseba, vključena v izvajanje VVN, naj bo odgovorna tudi za obveščanje o morebitnem tveganju. Ta oseba naj bo odgovorna tudi za načrt ocene tveganja (za učinkovito vpeljavo VVN vsem stranem v postopku ter po potrebi še morebitnim ostalim). Načrt ocene tveganja naj jasno določi in razloži cilje ocene tveganja ter VVN, in naj zajema:

- načine uporabljenega medsebojnega sporočanja;
- podatke o tveganjih, ki jih predstavlja legionela, ki izhajajo iz ocene tveganja in ocene vodnega sistema;
- cilje VVN glede tveganja, ki ga predstavlja legionela;
- vsebino in ciljno skupino medsebojnega obveščanja;
- vire in nadaljnje podatke o vodnem sistemu in okužbi z legionelo.

Medsebojno obveščanje naj vključuje postopke za takojšnje sporočanje vseh vpletenih o vsakem pomembnejšem dogodku na vodnem sistemu. To vključuje:

- sporočanje javnemu zavodu za varovanje zdravja,

- pripravo zbirnih poročil za javnost,
- vzpostavitev mehanizmov za sprejemanje in odgovarjanje na dvome in zaskrbljenost javnosti.

Pisarna, odgovorna za spremljanje, mora razviti način podajanja in razlaganja za zdravje pomembnih podatkov.

* NADZIRANJE IZVAJANJA VVN

Nadziranje je načrtno in po vrsti urejen ter pregledan zbir dobljenih podatkov, ki potrjujejo, da so zdravstveni cilji, ocene sistema in nadzorni ukrepi ustrezni v svojem delovanju. Vanj je lahko vključeno:

- notranja in zunanja revizija (s strani zdravstvene službe) za potrditev, da so spremljanje delovanja in popravni ukrepi speljani tako, kot to zahteva VVN;
- mesečno štetje heterotropičnih kolonij na značajnih iztočnih mestih ter na vstopu vode v stavbo (v namen sledenja teženj in sprememb in ne v smislu prikaza absolutnih vrednosti) s strani akreditirane laboratorija;
- polletno vzorčenje legionele na vstopu vode v stavbo in na iztočnih mestih.

* RAZLIČNI PRIMERI V ZVEZI Z IZDELAVO VVN

V nadaljevanju so prikazani različni primeri v povezavi z izdelavo VVN za vodovodno napeljavo stavbe. Tako Slika 26 prikazuje primer vodno varnostnega načrta VVN, Slika 27 primer zdravstveno naravnanih ciljev glede legionele v napeljavi, Slika 28 primere vrednosti kolonij legionele kot uporabljene stopnje za popravne ukrepe v vodovodni napeljavi in Slika 29 primer spremljanja in izvedbe popravnega ukrepa.

Korak v postopku	Vir in sprejem vode	Znotraj stavbe			
		Hladna voda	Razvod	Topla voda	Porabnik
Oceni nevarnost in izpostavi tveganja	Nizka stopnja razkužila vodi do prisotnosti legionele	Povišana temperatura povzroča rast legionele	Vstop hranil preko odpadnih vod povzroča rast legionele	Temperature med 25 do 50 °C povzročajo rast legionele	Naprave z visoko stopnjo proizvodnje aerosolov, ki se lahko vdihavajo
Opredeli nadzorne ukrepe	Dobavljena pitna voda mora izpolniti zdravstvene zahteve	Temperatura vode mora biti stalno pod 25 °C	Preprečitev povratnega toka (posesanja vode)	Temperatura > 60 °C na izstopu iz grelnika in > 50 °C na iztočnih mestih	Vse takšne zamenjati z nizko stopnjo proizvodnje aerosolov
Spremljaj nadzorne ukrepe	Sporazum med distributerjem in uporabnikom o rednem preverjanju stanja	Tehnično osebje preverja temperaturo mesečno s termometrom	Tehnično osebje preverja preprečevanje povratnega toka enkrat letno	Tehnično osebje preverja temperature mesečno na nadzornih točkah	Nadzornik nad izvajanjem ukrepov preverja stanje vsake pol leta
Pripravi ukrepe upravljanja	Vsako odstopanje od predpisanih vrednosti se javi ministrstvu, pristojnemu za zdravje	Toplotno izoliranje in težava s temperaturo zabeležena	Zamenjava nedelujočih naprav za preprečevanje povratnega toka; izvajanje klornih šokov; uradni postopek obveščanja	Če mogoče vodni vir izločen in nato razkužen; temperaturne težave zabeležene	Če mogoče vodni vir izločen in nato razkužen
Razvoj podpornih programov	Usposabljanje in izobraževanje osebja; vzdrževanje in umerjanje naprav; preverjanje napeljave				

Slika 26

Primer Vodnega Varnostnega Načrta (VWN) vodovodne napeljave stavbe
Vir: WHO (2007)

Država	Vrednost (CFU/l)	Opomba	Sklicevanje
Francija	< 1000	Splošne javne stavbe	Ministère de la Sante et des Solidarités (2005)
	< 100	Cilj za preprečitev bolnišničnih okužb	
	< 50	Cilj za tvegane bolnike	
Nemčija	1000	*Glej še tabeli 11. in 11.2	DVGW (2004)
Nizozemska	100	Cilj smernice	VROM (2002)
Združeno kraljestvo	< 100	Cilj smernice	HSE (2004)

Slika 27

Zdravstveno naravnani cilji glede legionele v vodovodni napeljavi
Vir: WHO (2007)

Država	Vrednost (CFU/l)	Opomba	Sklicevanje
Nizozemska	> 1000	Takojšnje ukrepanje za preprečitev zaprtja dela vodovodnega sistema	VROM (2002)
Združeno kraljestvo	100–1000	Ukrep, odvisen od tega, ali sta eden ali sta dva od večinskih vzorcev pozitivna; zahtevan ponovni pregled nadzornih ukrepov in ocen tveganja; morebitna razkužitev	HSE (2004)
	> 1000	Zahtevan ponovni pregled nadzornih ukrepov in ocen tveganja; morebitna razkužitev	
ZDA	> 10.000	Čiščenje in/ali obdelava sistema z biocidom	OSAH (2005)
	> 100.000	Takojšnje čiščenje in/ali obdelava sistema z biocidom; prevzem ukrepov za preprečitev okužb	

Slika 28

Primeri vrednosti kolonij legionele kot uporabljene stopnje za popravne ukrepe v vodovodni napeljavi

Vir: WHO (2007)

Korak v postopku	Pokazatelj	Spremljanje		Meje obratovanja	Popravni ukrep	
Gretje pitne vode	Temperatura	Kaj?	Temperatura	Predtok: ne manj kot 65 °C Vrnitev: ne manj kot 63 °C	Kaj?	Povečaj pretok vode ali povišaj njeno temperaturo
		Kako?	Termometer ali zapisovalnik temperature		Kako?	Dodatna črpalka na krožni vod. Povišaj nastavljeno vrednost krmiljenja.
		Kdaj?	Dnevno ali stalno		Kdaj?	Takoj
		Kje?	Na vrnitvi in pretoku grelnika		Kdo?	Vodovodni inštalater (za črpalko), vzdrževalni tehnik (za krmilnik)
		Kdo?	Vzdrževalni tehnik			

Slika 29

Primer spremljanja in izvedbe popravnega ukrepa

Vir: WHO (2007)

UPORABLJENA LITERATURA

- ANSI/ASHRAE Standard 188P (Draft 2011) *Prevention of Legionellosis Associated with Building Water Systems*
- ASHRAE Guideline 12-2000 *Minimizing the Risk of Legionellosis Associated with Building Water Systems*
- ASHRAE Standard 62-2010 *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*
- Dick van der Kooij, Kiwa Water Research, Nieuwegein, The Netherlands
- DVGW Delovni zvezek W 551: »Trinkwassererwärmungs- und Leitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwassere-Installationen«, izdaja 2004
- Herberts W. Stanford III, »HVAC Water Chillers and Cooling Towers, Fundamentals, Application, and Operation«, izdaja 2012, izdajatelj CRC Press
- ICHE Journal, Vol. 32, Februar 2011: *Controlling Legionella in Hospital Drinking Water: An Evidence-Based Review of Disinfection Methods*
- Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Ur. l. RS, št. 42/02)
- Pravilnik o pitni vodi (Ur. l. RS, št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06 in 25/09)
- Robert C. Rosaler, »HVAC Handbook«, izdaja 2004, izdajatelj McGraw-Hill
- Trane: »Condensate Trapping: Don't Get Caught in a Trap of Your Own!«
- U.S. Center for Disease Control (CDC): *Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities. Recommendations of CDC and Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee*, 2003
- U.S. Center for Disease Control (CDC): *Guidelines for Preventing Health-Care-Associated Pneumonia. Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee*, 2003
- VDI Richtlinie 3803: *Raumlufttechnische Anlagen Bauliche und technische Anforderungen*, izdaja 2002
- VDI Richtlinie 6022 Part 1: *Hygiene requirements for ventilation and air-conditioning systems and – units*, izdaja 2006
- World Health Organization (WHO): *Legionella and the prevention of legionellosis*, 2007

DODATEK

PREDSTAVITEV TEZ NEMŠKE RAZISKAVE

»BIOFILMI V INŠTALACIJAH PITNE VODE«

Različica 2.1 – s slovarjem

(prevedel in povzel Aleš Podboršek, inž. str.)

Trajanje projekta:

01. 10. 2006–30. 04. 2010

Koordinacija:

Prof. Dr. Hans-Curt Flemming
IWW Mülheim, Moritzstraße 26, 45476 Mülheim
Biofilm Centre, Universität Duisburg-Essen,
Universitätsstr. 2,
45141 Essen



VSEBINA

0. Uvod: Zadnji metri na poti do vodovodne pipe
1. Površine sistemov v inštalaciji pitne vode so naseljene z biofilmi
2. Materiali in pitna voda so »prvi osumljenci« v smislu potencialnih virov hranilnih snovi za povečano tvorbo biofilma
3. Sestava skupnosti biofilmov je spremenljiva in je odvisna od različnih vplivov
4. Termooksidativni ukrepi za razkuževanje naprav povzročajo staranje materiala
5. Spremembe materialov, nastale zaradi staranja, vplivajo na nastanek biofilma
6. Preventivno razkuževanje inštalacije pitne vode je treba obravnavati kritično
7. Ocena rasti biofilma je odvisna od uporabljene metode
8. Legionella pneumophila in Pseudomonas aeruginosa se lahko ugnezdit v obstoječe biofilme pitne vode in se vneseta v stoječo pitno vodo
9. Inštalacija pitne vode je v smislu nadzora neopredeljeno območje
10. Ugotavljanje prisotnosti bakterij s sposobnostjo tvorbe kultur samo po sebi ne zadošča vedno za ugotavljanje higienskega statusa pitne vode
11. Raziskave v zvezi z mikrobiološkimi parametri ne pojasnjujejo pojavljanja legionele in bakterije P. aeruginosa.
12. Ob prisotnosti kovinskih ionov je lahko test pojavljanja bakterij na osnovi kultur negativen, čeprav so prisotni za higieno pomembni organizmi, ki so še sposobni za življenje
13. Učinkovito čiščenje je pogoj za uspešnost razkuževalnih ukrepov
14. Razkuževanje ni enako čiščenju
15. Razkuževanja lahko spremenijo populacije in ugodno vplivajo na življenje hitro rastočih bakterij
16. Na prehod z VBNC v stadij s sposobnostjo tvorbe kultur bakterije P. aeruginosa morda lahko vpliva postopek razkuževanja
17. P. aeruginosa in L. pneumophila lahko preživita čiščenje in razkuževanje

Seznam okrajšav

Slovar

0. UVOD: ZADNJI METRI NA POTI DO VODOVODNE PIPE

Pitna voda je najbolj nadzorovano živilo. In kakovost pitne vode v Nemčiji je po vsem svetu vzorna – vse do vodnega števca. Potem se namreč začne neopredeljeno območje: hišna inštalacija. Slednja je bila predmet raziskovalnega projekta, pri katerem je štiri leta raziskovalo pet raziskovalnih ustanov in 17 partnerjev iz industrije, s koordinacijo prof. dr. Hansa-Curta Flemminga (IWW Mülheim in Univerza Duisburg-Essen) ter s finančno podporo zveznega ministrstva za izobraževanje in raziskave. Rezultati vzbujajo pozornost. Anketa zdravstvenih uradov po vsej državi je pokazala, da je bila od začetka veljave obveznosti nadzovanja raziskana največ polovica zgradb, ki naj bi bile pod nadzorom. Vzrok pa ni nedeljavnost uradov, temveč so slednji preprosto preobremenjeni in imajo premalo zaposlenih. Metode, s katerimi se izvajajo raziskave, so zelo različne in zato vodijo tudi do rezultatov, ki jih včasih ni mogoče primerjati. Vendar kaže statistična analiza več kot 20.000 meritev kljub takim pogojem, da 12 % vzorcev tople vode vsebuje legionelo in skoraj 3 % psevdomonado, oboje pa je bilo tudi pogostejše kot pričakovano najdeno v hladni pitni vodi. Jasno je, da ob strogem upoštevanju tehničnih predpisov za obratovanje hišne inštalacije ne pride do težav. Toda tukaj je stanje podobno kot v cestnem prometu: ob strogem upoštevanju cestnoprometnih predpisov tudi ne bi prišlo do nesreč. Pregledi namreč kažejo na to, da se predpisi pogosto ne upoštevajo. Za hišno inštalacijo upravitelj ne odgovarja, tam pa pogosto primanjkuje strokovno znanje, zavedanje možnih težav in dolgoročni nadzor. Zaradi tega še ne prihaja do epidemij, vendar pa ne smemo podcenjevati obolenj, ki povzročajo odsotnost z dela in izgubo življenjske kakovosti, povzročenih z okužbami s pitno vodo.

Kako pride do takih okužb? Pitna voda ni sterilna in to tudi ni potrebno. Zelo uspešna strategija vodovodnih podjetij temelji na ustvarjanju okoliščin, s katerimi se preostali bakterijam odvzamejo hranilne snovi in se tako ustvari »stabilna« pitna voda. S tem se prepreči kloriranje. Če pa te bakterije naletijo na materiale, ki sami oddajajo hranilne snovi, se tam naselijo in ustvarijo tako imenovane biofilme. Običajni osumljenec za takšne primere je plastika, ki ne opravi preverjanja za odobritev v pitni vodi. Na primer, pršne cevi in celo majhna tesnila lahko postanejo raj za bakterije. V teh biofilmih se lahko ugnezdijo tudi potencialni povzročitelji bolezni in se ob določenih pogojih tudi množijo. Del se jih nato vnese v vodo in predstavlja higiensko tveganje. Ta proces je bil raziskan in dokazan v sistemih modelov, ki so podobni praksi. Izkazalo se je tudi, da protiukrepi z različnimi razkužili stanje sicer izboljšajo, vendar ga v bistvu ne sanirajo. Zato je odločilna kakovost materialov v hišni inštalaciji. In številni materiali, ki so na voljo na trgu – predvsem cenovno zelo ugodni –, povzročajo prav povečan nastanek biofilmov. V hišni inštalaciji uporaba preverjenih materialov ni obvezujoče predpisana – in kdo bi mogel to nadzorovati?

V okviru te raziskave pa se je pokazala še druga težava, in sicer so to raziskovalne metode. Zlati standard je še danes določanje števila kolonij. Vendar je na ta način mogoče najti samo klice, ki so se zmožne tudi razmnoževati, sicer ni kolonij. Če pa so bakterije izpostavljene stresu, npr. zaradi razkužil, UV sevanja ali segrevanja, se lahko zgodi, da se ne uničijo vse, temveč številne preidejo zgolj v prehodno stanje, ko niso zmožne tvoriti kultur. V tem stanju niso uničene, temveč samo niso vidne na radarju standardnega postopka nadzovanja. Ko si opomorejo, se lahko spet množijo in v določenih pogojih spet postanejo kužne. Ta pojav bi lahko pojasnil težje primere, pri katerih je sanacija v praksi vedno znova težavna, dolgotrajna in se okužbe vedno znova pojavljajo. Metode za prepoznavanje „spečih“ klic so bile v raziskovalnem projektu tudi uporabljene in preizkušene. Odločilno vprašanje pa je: Pod kakšnimi pogoji preidejo mikroorganizmi v speče stanje ter kdaj in zakaj se spet prebudijo? Pri tem standardne metode, ki so bile v običajnih primerih uporabne več kot 100 let, ne zadostujejo. Tukaj je zato izjemno priporočljivo uporabiti tudi sodobne molekularno biološke metode, da se pojasnijo težavni primeri. Na osnovi praktičnih težavnih primerov je bilo mogoče prikazati uporabnost te metode vse do uspešne sanacije – vendar so tukaj odprta še bistvena vprašanja.

Osnova raziskav je, da se več pozornosti posveti hišni inštalaciji, saj lahko tukaj še najboljša voda izgubi svojo kakovost. Podana so pomembna opozorila glede možnosti za preprečevanje tega. Izkazalo pa se je tudi, da obstaja še velika potreba po raziskovanju in urejanju s predpisi – ne samo v zvezi z materiali, temveč tudi glede samih postopkov preiskav. Zadnji metri do vodovodne pipe so odločilni.

Na pregledno izdelanem zapisu tez so zbrana najpomembnejša spoznanja iz raziskovalnih del. Ta je na povpraševanje na voljo pri IWW Zentrum Wasser (a.postulka@iww-online.de). Predavanja so na voljo na spletni strani projekta (biofilm-hausinstallation.de in iww-online.de). Zvezek srečanj, v katerem so dokumentirana znanstvena dela, lahko prav tako naročite pri IWW Zentrum Wasser.

Najpomembnejša spoznanja raziskovalnega projekta

Pri tem raziskovalnem projektu sodelovanja je bilo štiri leta dejavnih pet raziskovalnih ustanov in 17 partnerjev iz industrije. Cilj je bil boljše karakteriziranje biofilmov v inštalaciji pitne vode kot virov kontaminacije za higiensko pomembne bakterije ter ugotavljanje možnosti preprečevanja in odpravljanja.

V inštalaciji pitne vode znotraj zgradb so – v primerjavi z dobro urejenim in nadzorovanim javnim sistemom za razdeljevanje pitne vode – številni materiali, ki se uporabljajo pri različnih temperaturah in pretočnih režimih. Pitna voda ni sterilna in to tudi ni potrebno. To pomeni, da se v sisteme za prenos vode neprestano vnašajo mikroorganizmi, ki se nabirajo na površinah sistema in elementov v stiku z vodo in se lahko razvi-

jejo v biofilme. Ni mogoče izključiti, da so med njimi tudi s higienskega vidika pomembni organizmi, ki nato okužijo pitno vodo. Običajno se rast biofilmov omeji tako, da se s pripravo vode čim bolj omeji koncentracija vseh snovi, ki jih ti potrebujejo za rast. V nasprotju z osrednjim sistemom za distribucijo pitne vode se v inštalaciji pitne vode ob določenih pogojih uporabljajo tudi materiali, ki oddajajo hranilne snovi in tako ugodno vplivajo na rast biofilmov. V primerjavi z javnim sistemom distribucije pitne vode pride v internih inštalacijah tudi do pogostejših in dolgotrajnejših mirovanj ter do nerednega odvzemanja vode. Odvzemna mesta vode na armaturah (npr. pipe za točenje, ročke za prhanje) lahko povzročijo povratne kontaminacije.

Preventivni ukrepi in nadzor biofilmov morajo zato poleg javne distribucijske mreže zajemati tudi inštalacijo pitne vode. Raziskovalni projekt je pokazal, da je tukaj še velik potencial za uvedbo preventivnih ukrepov, ki je bil doslej nezadostno izkoriščen.

V nadaljevanju so začrtana najpomembnejša spoznanja v obliki tez, s splošnimi ugotovitvami in nekaterimi pojasnili. V zaključnem poročilu k temu projektu so dokumentirani podatki, ki predstavljajo osnovo navedenega.

1. POVRŠINE SISTEMOV V INŠTALACIJI PITNE VODE SO NASELJENE Z BIOFILMI

»Biofilmi« so vsi skupi mikroorganizmov na mejnih površinah. V biofilmu so v plast iz ekstracelularnih polimernih substanc (EPS) ugnezdjeni organizmi. Lahko tvorijo mikrobne življenjske skupnosti, izmenjujejo lahko gene in prenašajo zdaleč višje koncentracije razkužil kot v suspenziji. V starejši nemški literaturi o pitni vodi kakor tudi v Delovnem listu DVGW W 270 se razlikuje med »površinsko naseljenostjo«, s čimer

je mišljen zelo tanek biofilm, in »površinsko obraščenostjo«, s čimer je mišljen izrazit, jasno zraščeni biofilm. Z upoštevanjem te definicije pa je jasno, da tako naselitev kot tudi obraščenost predstavljata enak pojav, namreč biofilm, torej gre tukaj samo za opis kvantitativne razlike.

2. MATERIALI IN PITNA VODA SO »PRVI OSUMLJENCI« V SMISLU POTENCIALNIH VIROV HRANILNIH SNOVI ZA POVEČAN NASTANEK BIOFILMOV

Tudi biološko stabilna pitna voda z nizko vsebnostjo hranilnih snovi vsebuje mikroorganizme. Če naletijo na hranilne snovi, se lahko razmnožijo. Kot viri hranilnih snovi pogosto služijo tovarniško novi polimerni materiali v inštalaciji pitne vode, ker pogosto vsebujejo biološko razgradljive aditive, kot so mehčala, sredstva proti oksidiranju ali tudi ostanke ločevalnih sredstev, ali so bili pri izdelavi oz. obdelavi in inštalaciji umazani s snovmi, ki služijo kot hranilne snovi. Materiali, ki so bili zajeti v primerjavah, so navedeni v Preglednici 1. Ob pogojih, ki so podobni tistim v praksi, se na tovarniško novih materialih v 1–2 tednih ustvari biofilm, ki po nadaljnjih 6–10 tednih (glede na vrsto materiala in koncentracijo hranilnih snovi v vodi) pri vseh materialih, ki so bili pri raziskavi vključeni v projekt, sestavah vode in temperaturah doseže bolj ali manj skoraj stacionarno stanje. Gostota poseljenosti je v bistvu odvisna od sestave materiala. Ta pojav se je opazoval v okviru primerjave polimernih materialov ter tudi na bakru. Posebej močna in celo s prostim očesom vidna je bila pojavitve biofilma na sintetičnem gumijastem materialu etilen-propilen-dien-monomeru (EPDM) slabše kakovosti, ki ni ustrezal zahtevam v skladu z Delovnim listom DVGW W 270 in tudi ne priporočilom KTW.

Material	Vrsta	Namen uporabe	Izpolnjeno DVGW W 270	Kategorija KTW
Baker	Kovinska cev	Inštalacija pitne vode	--	-- 1)
HD-PEXb	Povezovalna cev	Inštalacija pitne vode	da	A 2)
HD-PEXc	Plastična cev	Inštalacija pitne vode	da	A 2)
EPDM s priporočilom	Tlačne gibljive cevi	Priključek armatur in aparatov za vidne in dostopne inštalacije (skupina I) do 31. 12. 06 3) Priključek pralnih/pomivalnih strojev in bobnastih sušilnikov (skupna II)	da	C
EPDM brez priporočila	Tlačne gibljive cevi	Armature in priključek za aparate v hišnih inštalacijah do 1995	ne	nobena

1. Ni potrebna za kovinske materiale.
2. Plastomeri izpolnjujejo zahteve »Smernice za higiensko ocenitev organskih materialov v stiku s pitno vodo (Smernica KTW)« [Nemški Zvezni urad za okolje 2008].
3. Tlačne gibljive cevi skupine II in od 01. 01. 2007 naprej tudi tiste iz skupine I morajo izpolnjevati zahteve KTW-A (DVGW W 543).

Preglednica 1

Materiali, ki so bili zajeti v okviru raziskav

Vendar pa ima sestava pitne vode bistven pomen pri nastanku biofilmov na materialih. Prek pitne vode se lahko biofilmu dovajajo hranilne snovi. Kombinacija slabe kakovosti materiala (EPDM brez priporočila) in neugodne sestave vode (pitna voda z npr. 12 mg/l nitratov in 1 mg/l fosfatov) povzroča močan pojav biofilma.

3. SESTAVA SKUPNOSTI BIOFILMOV JE SPREMENLJIVA IN JE ODVISNA OD DRUGIH VPLIVOV

Skupnosti biofilmov v inštalaciji pitne vode se lahko glede na različne dejavnike vplivanja (materiali, sestava pitne vode, temperatura vode, razkužila) različno razvijajo. Med kritične dejavnike sodijo v inštalaciji pitne vode uporabljeni materiali, pripomočki za tesnjenje (tesnila ipd.) ter včasih tudi materiali za obnovo obstoječih cevi.

Glede na hranilne snovi se na površinah razvijajo populacije biofilmov, ki se razlikujejo po sestavi in raznolikosti. Materiali, ki oddajajo organske snovi, ne spodbujajo samo rasti biofilma v smislu razvoja biomase, temveč povečujejo tudi spekter organizmov biofilmov, ki se sicer v pitni vodi z nizko vsebnostjo hranilnih snovi ne pojavljajo v večjem obsegu. To predstavlja tudi povečano tveganje za ugnezdenje in iznos patogenih mikroorganizmov.

4. TERMO-OKSIDATIVNI UKREPI ZA RAZKUŽEVANJE NAPRAV POVZROČAJO STARANJE MATERIALA

Novost so bile primerjalne raziskave ustvarjanja biofilma na novih in »starih« polimernih materialih, spremenjenih torej na osnovi kemičnih, predvsem oksidativnih medijev (razkužila) in temperature. Z uporabo razkužil (npr. pri sanaciji ali razkuževanju naprav) in povečanih temperatur pride do reakcij na aditivih polimernih materialov in samih polimernih verigah. Vemo, da je obseg tako pogojenih sprememb odvisen

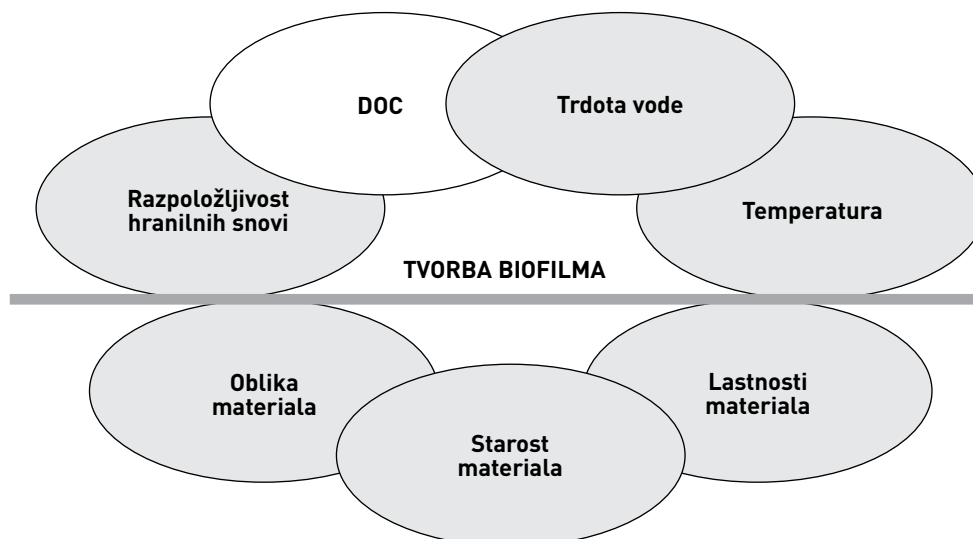
tako od razkužil, časa učinkovanja, temperature kakor tudi tlaka v sistemu. Posledice so vedno spremembe lastnosti materialov, na primer hidrofobnost, spremembe površinske strukture, hrapavost pa vse do nastanka razpok v primeru dolgotrajnejših vplivov.

Poskusi z biofilmi na novih in starih materialih so bili izvedeni na posameznih primerih, pri čemer so bili uporabljeni v skladu z Delovnim listom DVGW W 270 preverjeni polimerni materiali, kavčuk iz etilen-propilen-dien-monomera (EPDM) in s silanom zamrežen polietilen (HD-PEXb). HD-PEXb in EPDM sta bila v posebnem testnem sistemu pospešeno starana. Za ta namen so bili materiali pri tlaku 4 bar in temperaturi 40 °C za 4 tedne izpostavljeni natrijevemu hipokloridu (2,5 mg/l) oz. klorovemu dioksidu (4 mg/l). Obdelava s klorovim dioksidom je pokazala močnejši učinek.

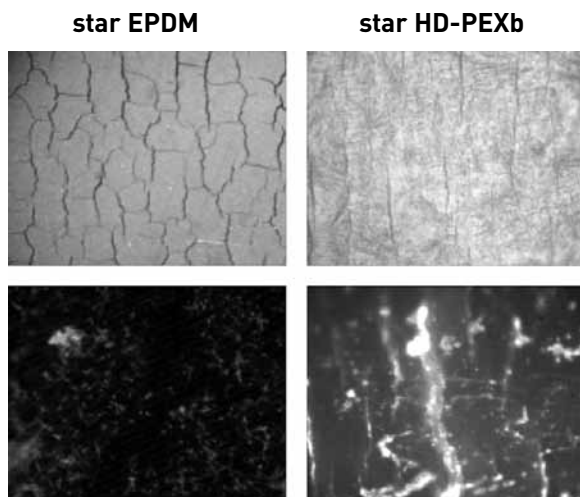
Ustvarjanje biofilma je bilo raziskano v okviru pristopa vplivanja več dejavnikov. Za izbor dejavnikov je bila bistvena pomembnost pri nastanku biofilma. Istočasno so bile simulirane različne stopnje kakovosti pitne vode.

5. S STARANJEM POVZROČENE SPREMEMBE MATERIALOV VPLIVAJO NA NASTANEK BIOFILMOV

Kot vemo, vplivajo dejavniki, kot so oddajanje hranilnih snovi materiala, vsebnost hranilnih snovi vode, temperatura, trdota vode in vsebnost DOC na nastanek biofilma (Slika 1). Novo je bilo spoznanje, da je pomembna tudi starost materiala (sestavnege dela), torej stopnja sprememb, povzročenih z oksidativnimi reakcijami. Analiza pristopa vplivov več dejavnikov k nastanku biofilmov je pokazala, da se v smislu zgornje opredelitve »starih« in s tem torej v smislu nizkomolekularnih aditivov osiromašena EPDM in HD-PEXb nagibata k manjšemu potencialu za nastanek biofilmov. Predpostavljamo lahko, da oddaja staran material mikroorganizmom na površini materiala



Slika 1: Dejavniki, ki vplivajo na nastanek biofilma



Slika 2:

Zgoraj: mikroskopske slike površine starega EPDM (levo) in HD-PEXb (desno).

Spodaj: slike fluorescenčnega mikroskopa naseljenih površin; bakterije so vidne kot modre fluorescentne paličice

manjše količine biološko razgradljivih hranilnih snovi. Posledično bi to za prakso pomenilo manjši potencial za nastanek biofilmov na starejši plastiki in torej tudi manj dela z razkuževanjem, s čimer bi se ne nazadnje tudi zaščitil material.

Rezultati poskusov so pokazali, da na nastanek biofilma sicer vplivajo vsi dejavniki, vendar je vpliv slednjih različno velik:

- Biološko razpoložljiva vsebnost hranilnih snovi, ki je bila zagotovljena, je predstavljala bistven dejavnik za nastanek biofilma.
- Na nastanek biofilma so močno vplivali temperatura, biološko razpoložljiva, vsebnost hranilnih snovi vode in starost materiala, le v majhnem obsegu pa trdota vode in vsebnost DOC.
- Stari materiali (EPDM, HD-PEXb) imajo majhen potencial za nastanek biofilma.
- Če je material oddajal malo hranilnih snovi, je bistveno bolj vplivala vsebnost hranilnih snovi v vodi.
- Temperatura predstavlja pomemben vpliv; in to takrat, ko so bile na voljo hranilne snovi iz vode ali pa iz materiala. Višja temperatura tako povzroči povečan nastanek biofilma.
- Kakovost materiala je močnejše vplivala pri vodi z majhno vsebnostjo hranilnih snovi kot pri vodi z veliko vsebnostjo hranilnih snovi.

Nastanek razpok zmanjša predvsem čas trajanja uporabe, razpokana mesta pa predstavljajo tudi posredno higiensko tveganje, saj se v njih naselijo bakterije in se slabše odstranijo oz. jih razkužilo ne doseže v zadostnem obsegu (Slika 2).

6. PREVENTIVNO RAZKUŽEVANJE INŠTALACIJE PITNE VODE JE TREBA OBRAVNAVATI KRITIČNO

Preventivna obdelava inštalacije pitne vode ni primerna za zmanjšanje na najnižjo možno vrednost po TrinkwV 2001 in se lahko zato priporoča samo v posameznih primerih. Vsekakor je za razkuževanje potrebna jasna indikacija. Običajno je tako, da gre za pitno vodo z brezhibno sestavo in da je inštalacija pitne vode v stanju, ki ustreza splošno priznanim tehničnim predpisom oz. je treba vzpostaviti tako stanje.

Rezultati raziskav so nedvomno potrdili pomen upoštevanja tehničnih predpisov. Odstopanja od tehničnih predpisov pomenijo povečano tveganje higienske oprečnosti pitne vode. Teh tveganj ni mogoče odpraviti s preventivnim razkuževanjem ali z drugimi ukrepi, npr. z obdelavo vode. Takšni ukrepi se uvedejo v omejenem časovnem obsegu in šele po skrbnem preverjanju in ob stalnem nadzoru.

7. OCENA RASTI BIOFILMA JE ODVISNA OD UPORABLJENE METODE

Izbor metode za določanje števila mikroorganizmov vpliva na rezultat. Pri nadzoru pitne vode se uporabljajo izključno metode, ki so odvisne od tvorbe kultur. Ugotavljanje enot, ki zadostujejo za nastanek kolonije bakterij (kot število kolonij v skladu s TrinkwV 2001, TrinkwV 1990 ali kot HPC na mediju R2A), zato podaja samo informacijo o številu organizmov, ki so se zmožni razmnoževati, in to ob določenih pogojih. Vemo pa, da ni nujno, da so mikroorganizmi, ki ne tvorijo kolonij in ne rastejo, pri katerih torej ne poteka izmenjava snovi, mrtvi. Nasprotno, zmožni so daljši čas predstavljati zgolj ohranjevalno izmenjavo snovi. To velja za večino populacij mikroorganizmov v pitni vodi. Ti se pogosto kot odgovor na stresne situacije (pomanjkanje hranilnih snovi, razkužila, UV sevanje, obremenitev s kovinami itd.) po prenehanju stresa spet vrnejo v stanje, v katerem so zmožni tvoriti kulture. V takih primerih ne gre za novo kontaminacijo, temveč za okrevanje že obstoječih organizmov. Z določitvijo skupnega števila celic (GZZ) s specifičnimi fluorescenčnimi barvili za DNK in mikroskopskim štetjem se lahko ugotovi maksimalna obstoječa količina celic, pri čemer pa ni mogoče razlikovati med živimi in mrtvimi celicami. Kljub temu kaže razmerje med GZZ in številom kolonij na fiziološko stanje mikrobne populacije.

V vseh raziskavah je bilo GZZ bistveno večje kot število enot, ki zadostujejo za nastanek kolonije v skladu s TrinkwV 2001 in 1990 ter HPC na R2A. Glede na temperaturo, starost biofilma in sestavo vode se je rezultat ugotavljanja števila KBE spreminjal (število kolonij v skladu s TrinkwV 2001 in TrinkwV 1990 ter HPC na R2A). Na splošno so bili materiali EPDM naseljeni gosteje kot baker, HD-PEXc in HD-PEXb. Delež bakterij z možnostjo tvorbe kultur na GZZ se je s povečanjem starosti biofilma zmanjševal.

Iz izkušenj iz raziskav se priporoča v kritičnih primerih poleg števila kolonij določiti tudi GZZ. Če je razmerje

števila kolonij do skupnega števila celic visoko, to pomeni populacijo z dobro rastjo in s tem prisotnost ugodnih pogojev v smislu hranilnih snovi.

8. LEGIONELLA PNEUMOPHILA IN PSEUDOMONAS AERUGINOSA SE LAHKO UGNEZDITA V OBSTOJEČE BIOFILME PITNE VODE TER SE VNESETA V STOJEČO PITNO VODO

Če se v inštalacijo pitne vode vnesejo fakultativno patogene bakterije, lahko ne glede na kakovost materialov, starost materialov, sestavo vode in temperaturo pride do ugnezdenja teh organizmov v obstoječe biofilme pitne vode. Organizmi se obdržijo tam cele tedne do mesece v hladni in segreti pitni vodi. Ob ugodnih okoljskih pogojih je možno tudi razmnoževanje. S sproščanjem iz biofilmov preidejo v pitno vodo, tako da biofilmi predstavljajo vir kontaminacije in tako tudi potencialni vir okužb. Med fakultativno patogene bakterije medicinsko-higienskega pomena, katerih prisotnost je bila v praksi ugotovljena v biofilmih inštalacije pitne vode, sodita *L. pneumophila* in *P. aeruginosa*.

Posamezni rezultati raziskav kažejo, da se je *L. pneumophila* ugnezdila v biofilme pitne vode, posebej pri povišanih temperaturah, ne glede na kakovost materiala ali sestavo vode. Razmnoževanje je potekalo predvsem v primerih, kadar so bile kot gostiteljice za intracelularno množenje na voljo amebe in kadar je šlo za zelo goste, aktivne (rastoče) biofilme. Ob teh pogojih je vsekakor mogoče pričakovati, da se bodo iz biofilma sproščale legionele ter se vnesle v pitno vodo. Koncentracije bakterije *L. pneumophila* v vzorcih pitne vode (v skladu z DIN EN ISO 19458 »Analiza sestave vode na odvzemni armaturi v gospodinjstvu« (namen b) so lahko pri vseh materialih nad tehnično vrednostjo za poseg 100 CFU/100 ml v skladu z Delovnim listom DVGW W 551. Tudi v biofilmih, ki se razvijajo v hladni vodi (12 °C do 15 °C), je bila s standardnim raziskovalnim postopkom na osnovi tvorbe kulture (ISO 11731) vzporedno dokazana prisotnost bakterije *L. pneumophila*. Koncentracija bakterije *L. pneumophila* v biofilmu je odvisna od gostote poseljenosti. Materiali, na katerih nastaja velika količina biofilma in na katerih se razvija veliko ameb (npr. materiali EPDM brez priporočila v skladu z Delovnim listom DVGW W 270), nudijo potencial za zelo visoke koncentracije bakterije *L. pneumophila*. Visoke koncentracije bakterije *L. pneumophila* v biofilmu povzročajo visoke koncentracije v stoječi pitni vodi. Za razmnoževanje bakterije *L. pneumophila* je temperatura bistvenega pomena. Zato je treba paziti, da materiali v napravah s toplo vodo ustrezajo stanju Delovnega lista DVGW W 551. Toda tudi materiali v stiku s hladno vodo so lahko, kot so potrdile izvedene eksperimentalne raziskave z analizo tveganja, kontaminirane z bakterijo *L. pneumophila* in jih je treba pri sanaciji kontaminacije z bakterijo *L. pneumophila* prav tako upoštevati pri analizi tveganja.

Tudi bakterija *aeruginosa* se ugnezdi v biofilme na vseh novih in staranih materialih inštalacije pitne vode in lahko kontaminira okoljsko stoječo vodo s

sproščanjem iz biofilmov. Trajanje persistence ter koncentracija na osnovi kultur ugotovljene bakterije *P. aeruginosa* sta lahko pri različnih materialih različna.

Novo spoznanje je, da sta lahko bakteriji *L. pneumophila* in *P. aeruginosa* v biofilmih na materialih inštalacije pitne vode razen v obliki z možnostjo tvorbe kultur tudi v stanju brez sposobnosti tvorbe kultur. V tem stanju, imenovanem VBNC (»*Viable-But-NonCulturable*«, glej slovar), gojenje bakterij na običajnih hranilnih materialih ni več mogoče, čeprav so sposobne za življenje. Bakterije VBNC se lahko dokažejo s postopki, ki so neodvisni od tvorbe kultur.

Tako na novih kot tudi na staranih materialih je bila koncentracija bakterije *P. aeruginosa*, ki je bila določena z metodo FISH, višja kot tista, ki je bila določena na osnovi kultur. Enako velja tudi v primeru ugnezdenja bakterije *L. pneumophila* v biofilme pitne vode. Medtem ko je koncentracija ciljnih organizmov z možnostjo tvorbe kultur nihala, je ostala koncentracija FISH-pozitivnih ciljnih organizmov v raziskovanem časovnem obdobju relativno konstantna. Iz tega lahko sklepamo, da se je bil del ciljnih organizmov v biofilmu v stanju VBNC. Poleg tega to pomeni, da se lahko fiziološko stanje bakterij v biofilmu na osnovi številnih kompleksnih procesov spremeni. Sem sodi tudi vzajemno učinkovanje z drugimi bakterijami in enoceličarji, sprememba temperature ali vsebnosti hranilnih snovi. Tako bi se z gotovostjo pojasnili tudi spremenljivi rezultati mikrobioloških rutinskih in kontrolnih raziskav na inštalacijah pitne vode.

9. INŠTALACIJA PITNE VODE: TEŽKO NADZOROVAN SISTEM

Za zagotovitev zdravstvene neoporečnosti pitne vode v javnih ustanovah so zdravstveni uradi prek Uredbe o pitni vodi zakonsko zavezani, da na izstopu iz posameznih pip, ki so namenjene uporabi vode za pitje, v rednih razmikih pregledajo pitno vodo. Čeprav je treba upoštevati mejne vrednosti in tehnične vrednosti za poseg na pipi porabnika, je nadzor zasebnih inštalacij pitne vode izvajan samo izjemoma. Nadzor inštalacij pitne vode s strani zdravstvenih uradov se je glede različnih vidikov izkazal kot še nepopoln in neenoten.

Analize obsežnih anket nemških zdravstvenih uradov v več kot 4.400 javnih zgradbah s približno 30.000 odvzetimi vzorci vode iz 7 let (2003–2009) kažejo, da prihaja do zdravstveno pomembnih mikrobnih kontaminacij v sistemih inštalacije pitne vode, in sicer tako v zvezi z legionelami (preseganje tehnične vrednosti za poseg v 13 % vzorcev) kot tudi s psevdomonadami (preseganje priporočila UBA: ugotovljena prisotnost v 3 % vzorcev). Legionele so bile najdene predvsem v sistemih s toplo vodo, vendar je pokazalo preseganje tehnične vrednosti za poseg v sistemih hladne vode v 5 % vzorcev, da lahko tudi zunaj sistema za toplo vodo najdejo dobre pogoje za rast. Psevdomonade se pojavljajo v sistemih s toplo in s hladno vodo približno enako pogosto. Najpomembnejši rezultati preseganja vrednosti posega oz. mejne vrednosti za izbrane mikrobiološke in kemične parametre so prikazani v Preglednici 2.

Mikrobiološki parametri	Število vzorcev	Preseganje [absolutno]	Preseganje [%]
Legionella sp.	22.786	2.908	12,8
Število kolonij 36 °C	10.928	380	3,5
Pseudomonas sp.	3.468	102	2,9
Koliformne bakterije	8.652	152	1,8
Število kolonij 20/22 °C	10.869	129	1,2
Escherichia coli	8.330	25	0,3
Kemični parametri			
Nikelj	3.538	379	10,9
Železo	1.115	85	7,6
Svinec	3.560	167	4,7
Mangan	250	11	4,4
Baker	2.411	30	1,2

Preglednica 2:

Preseganje mejnih vrednosti in vrednosti za posege mikrobioloških in kemičnih parametrov v pitni vodi

Pri uporabi inštalacijskih sistemov s pitno vodo uporabniki zelo pogosto ne upoštevajo splošnih tehničnih predpisov. Sem sodijo npr. neopravljena redna vzdrževalna dela na inštalaciji s pitno vodo (34 %, n = 498), neodstranjeni neuporabljeni (slepi) vodi (65 %, n = 327) ali tudi neizvajanje točenja po daljši prekinitvi uporabe, npr. po poletnih počitnicah v šolah (56 %, n = 290).

Statistično preverjanje je pokazalo, da dnevno segrevanje zbiralnika tople vode na vsaj 60 °C zniža relativno tveganje za ugotavljanje prisotnosti legionele za 30 %. To tveganje se z vsako obliko dodatne obdelave vode poveča za vsaj dvakrat toliko.

10. UGOTAVLJANJE PRISOTNOSTI BAKTERIJ Z MOŽNOSTJO TVORBE KULTUR SAMO PO SEBI NE ZADOŠČA VEDNO ZA UGOTAVLJANJE HIGIENSKEGA STATUSA PITNE VODE

S pomočjo standardnega postopka na osnovi tvorbe kultur v skladu s TrinkwV je možno z nizkimi stroški in na preprost način ugotoviti prisotnost številnih za higieno pomembnih bakterij (npr. E. coli, P. aeruginosa, L. pneumophila). Ti standardni postopki so se v preteklosti obnesli pri analizah pitne vode, vendar imajo tudi slabosti. S temi metodami ni mogoče ugotoviti prisotnosti že omenjenih organizmov VBNC, saj pokažejo samo »vrh ledene gore« – organizmi VBNC namreč nikakor niso mrtvi. To bi lahko pojasnilo pojav, ko se v praksi občasno ugotovijo v času spremenljivi rezultati, saj so ciljni organizmi včasih v stanju, ko je možna tvorba kultur, včasih pa v stanju, ko kultur ne morejo tvoriti.

Prehod iz stanja, ko je možna tvorba kultur, v stanje VBNC je povraten in pogojen z okoljskimi dejavniki (npr. s temperaturo vode, hranilnimi snovmi, prisotnostjo razkužil). Za beleženje in ocenitev mikrobnih

kontaminacij v inštalaciji pitne vode je zato lahko v kritičnih primerih v pomoč pri doseganju cilja in za prakso kombinirana uporaba običajnih postopkov na osnovi kultur ter od tvorbe kultur neodvisnih molekularno bioloških metod.

Naslednja priporočila za mikrobiološko-higiensko oceno pitne vode v inštalaciji pitne vode izhajajo iz treh danih pogojev:

- V primeru dvoma je treba poleg števila kolonij v skladu s TrinkwV ugotoviti tudi skupno število celic. Iz razmerja števila kolonij do skupnega števila celic je mogoče priti do prvih sklepov glede stanja prehranjevanja mikroorganizmov. Povečanje razmerja števila kolonij nasproti skupnemu številu celic pomeni nastop ugodnih pogojev za prehranjevanje.
- V okviru pojasnjevanja virov kontaminacij in okužb ali preverjanja uspešnosti po sanacijskih ukrepih obstaja možnost, da se po potrebi poleg običajnih postopkov na osnovi tvorbe kultur za ugotavljanje fakultativno patogenih bakterij uporabijo tudi postopki, ki so neodvisni od tvorbe kultur (FISH, metode na osnovi PCR).
- Za ugotavljanje mesta nahajanja virov kontaminacije je treba uporabiti gelsko elektroforezo v utripajočem polju za genotipizacijo (»genetski prstni odtis«) bakterijskih izolatov.

11. RAZISKAVE V ZVEZI Z MIKROBIOLOŠKIMI PARAMETRI V SKLADU S TRINKWV GLEDE POJAVLJANJA LEGIONEL IN BAKTERIJE P. AERUGINOSA

Beleženje rezultatov v okviru rutinskega nadzora je pokazalo, da analiza mikrobioloških parametrov v skladu s TrinkwV (E. coli, koliformne bakterije, število kolonij) ni primerna za varno prepoznavanje kontaminacij s fakultativno patogenima povzročiteljema bolezni P. aeruginosa ali L. pneumophila. Analiza več kot 100.000 meritev je pokazala, da je delež analiz vode z obremenitvijo z legionelami in P. aeruginosa veliko večji od deleža vrednosti za E. coli in koliformne bakterije. Poleg tega so statistične analize pokazale, da ni tipične povezave med dokazovanjem E. coli in koliformnih bakterij ter pojavitvijo legionel ali psevdomonad.

12. OB PRISOTNOSTI KOVINSKIH IONOV JE LAHKO TEST POJAVLJANJA BAKTERIJ NA OSNOVI KULTUR NEGATIVEN, ČEPRAV SO PRISOTNI ZA HIGIENO POMEMBNI ORGANIZMI, KI SO ŠE SPOSOBNI ZA ŽIVLJENJE

Prisotnost kovinskih ionov (npr. Cu²⁺) je eden od dejavnikov, ki lahko povzročijo zaviranje rasti mikroorganizmov v pitni vodi in biofilmih pitne vode. Iz tega najbrž izhaja, da so v literaturi navedeni tako različni rezultati o nastanku biofilma na bakru, kadar študije temeljijo na določitvi enot, ki zadostujejo za nastanek

kolonije (CFU). Upoštevati je treba, da bakterije, če so izpostavljene bakru (npr. bakrovi ioni), samo začasno preidejo v stanje brez možnosti tvorbe kultur (VBNC) in se – glede na okoljske pogoje – spet lahko vrnejo v vegetativno stanje. Prvi znaki kažejo, da lahko fakultativno patogene bakterije tudi spet postanejo kužne.

13. UČINKOVITO ČIŠČENJE JE POGOJ ZA USPEŠNOST UKREPOV ZA RAZKUŽEVANJE

Čiščenje pomeni odstranjevanje umazanije, oblog in drugih neželenih snovi iz inštalacije pitne vode. Na ta način se lahko po eni strani ponovno vzpostavi načrtovana hidravlika cevne napeljave, po drugi strani pa se zagotovi kakovost pitne vode med transportom po cevni napeljavi. Umazanija vsebuje snovi, ki neposredno vplivajo na kakovost pitne vode, povzročijo pa lahko tudi množenje mikroorganizmov na omreženih površinah in s tem tudi kontaminacijo vode z mikroorganizmi. Pri čiščenju je treba odstraniti vso umazanijo, ki ni tesno pritrjena na material. V nobenem primeru se ne sme spet nakopičiti na drugem mestu in s tem ponovno neugodno vplivati na pitno vodo. Trdovratne anorganske obloge lahko kot krovne plasti zavirajo korozijo, vendar jih je treba obravnavati kritično, če zaradi hrapavosti omogočajo naselitev mikroorganizmov. Odstranitev oblog zmanjša možnost ugnazdenja mikroorganizmov in optimira obratovalno stanje inštalacije pitne vode.

14. RAZKUŽEVANJE NI ENAKO ČIŠČENJU

Pogosto se izhaja iz tega, da se z razkuževalnim ukrepom odstrani tudi biomasa. Pri raziskavah se je testiranje slednjega izvedlo na osnovi modela biofilma, ki temelji na naselitvi in razmnoževanju mikroorganizmov v silikonskih ceveh. Te cevi z oddajanjem hranilnih snovi (aditivni silikona) zelo ugodno vplivajo na razvoj biofilma in so zato primerne kot preizkusni sistem za razkuževanje in odstranitev biofilmov. Pri tem gre za situacijo »worst case«, saj je v tem sistemu posebej težko odstraniti biofilme. Sredstva in postopki, ki delujejo pri odstranjevanju biofilma v modelu biofilma, bodo zelo verjetno delovali tudi ob neugodnih pogojih v praksi.

Prikazano je bilo, da so razkužila, ki so bila uporabljena v koncentracijah, ki so dovoljene za razkuževanje v skladu z 11. členom TrinkwV 2001, komaj po 70 dneh obdelave povzročila zmanjšanje števila kolonij biofilmov do meje določanja, pri čemer pa je bil obseg zmanjšanja skupnega števila celic majhen. Bistveno večje koncentracije se lahko uporabijo pri potrebni sanaciji, s čimer se izvede razkuževanje sistemov. Pri tem so bili uporabljeni klor, klorov dioksid ter vodikov peroksid v kombinaciji s srebrovimi ioni ali sadnimi kislinami. Ukrepi so glede na vrsto učinkovin prav tako povzročili zmanjšanje števila kolonij do meje določanja. Zmanjšanje skupnega števila celic do meje določanja pa je bilo doseženo zgolj v posameznih primerih (npr. s 25 mg/l prostega klora ali 0,1 mg/l ozona ter 10 % vodikovega peroksida + sadne kisline + tenzidi).

Če želimo doseči trajno učinkovanje, je priporočljivo predhodno čiščenje sistemov – npr. s postopkom impulznega splakovanja.

Monitor biofilma – prozoren del cevododa – se lahko uporabi kot obvodni del inštalacije pitne vode in omogoča realno preverjanje sanacijskih ukrepov.

15. RAZKUŽEVANJA LAHKO SPREMEMIJO POPULACIJE IN UGODNO VPLIVAJO NA ŽIVLJENJE HITRO RASTOČIH BAKTERIJ

Dolgoročni učinek razkužil na populacijah biofilmov je bil raziskan na osnovi različnih pristopov. Izkazalo se je, da takoj po umiku razkužila vedno takoj pride do regeneracije biofilma: z okrevanjem in rastjo še vedno prisotnih bakterij ali pa z novo naselitvijo iz vode. Populacije biofilmov, ki se po umiku ponovno naselijo, se v smislu sestave in raznolikosti razlikujejo od prvotnih populacij. Glede na sestavo in koncentracijo razkužila je prišlo v biofilmih do naravne selekcije pritiska in populacijskega zamika.

Populacija se je po razkuževanju bistveno spremenila, kar izhaja iz tega, da uničeni biofilmi niso bili odstranjeni in da so na novo zrastle bakterije služile kot vir hranilnih snovi s preprosto predelavo. Tako obstaja tveganje, da se kot posledica razkuževanja razvijejo hitro rastoče in torej tudi v smislu higiene pomembne bakterije.

16. NA PREHOD BAKTERIJE P. AERUGINOSA Z VBNC V STADIJ Z MOŽNOSTJO TVORBE KULTUR LAHKO VPLIVAJO RAZKUŽEVALNI POSTOPKI

Ob raziskavah na različnih materialih so bili pri različnih kakovostih vode več tednov po kontaminaciji prisotni biofilmi, v katerih je bila več mesecev samo z metodo FISH, ne pa tudi z metodami, ki temeljijo na tvorbi kultur, ugotovljena prisotnost bakterije *P. aeruginosa*, kar kaže na stanje VBNC celic v biofilmu. Tudi v stoječi vodi na osnovi tvorbe kultur ni bilo mogoče ugotoviti prisotnosti bakterije *P. aeruginosa*. Če so bili ti biofilmi razkuženi z do 20 mg/l klorovega dioksida (tudi večkrat), je bila v nekaterih primerih takoj ali 3 tedne po razkuževanju na osnovi tvorbe kultur ponovno ugotovljena prisotnost bakterije *P. aeruginosa*, in sicer tako v biofilmu kot tudi v stoječi vodi. Signali FISH v biofilmu so ostali po razkuževanju skoraj nespremenjeni intenzivni. Lahko, da je bila bakterija *P. aeruginosa* z razkuževanjem prebujena iz stanja VBNC ali pa je iz števil celic v biofilmu, ki so bila glede na postopke na osnovi tvorbe kultur pod mejo določanja, zelo hitro zrastle do velikih števil celic. Slednje pa v 24 urah ni zelo verjetno. Razkužila z oksidativnim učinkom povečujejo koncentracijo lahko dostopnih organskih spojin v biofilmu in lahko tako omogočajo ponovno ožvitev stanj VBNC fakultativno patogenih bakterij [Benölken et al., 2010].

17. P. AERUGINOSA IN L. PNEUMOPHILA LAHKO PREŽIVITA ČIŠČENJE IN RAZKUŽEVANJE

Iz kontaminiranega sistema pitne vode lahko trajno odstranimo povzročitelje bolezni samo z zelo veliko truda. Če se na materialu ustvari kompakten biofilm, lahko fakultativno patogene bakterije v biofilmu preživijo tudi kombinacijo čiščenja in kemičnega razkuževanja sistema z visokimi koncentracijami klorovega dioksida. Preživele fakultativno patogene bakterije se lahko v biofilmih spet razmnožijo in ponovno kontaminirajo sistem pitne vode. Ugotavljanje prisotnosti teh preživelih celic je, kot je bilo že navedeno, odvisno od raziskovalne metode.

Materiali, ki ustrezajo splošno priznanim tehničnim predpisom [Smernica KTW UBA, 2008, Delovni list DVGW W 270], sicer ne preprečujejo kontaminacije biofilmov s fakultativno patogenimi bakterijami, vendar pa v primeru kontaminacije zaradi zgolj tankih biofilmov nudijo ugodne pogoje za uspešno čiščenje in razkuževanje (Benölken et al., 2010).

Povezava z obstoječimi predpisi in zakoni

Uredba o pitni vodi, ki predstavlja osnovo za oskrbovanje prebivalstva s pitno vodo, se na številnih mestih navezuje na splošno veljavne tehnične predpise. Čeprav so splošno veljavni tehnični predpisi s pravnega vidika zgolj nedoločen pravni pojem, ki ni opredeljen v zakonih, imajo nadrejen pomen pri določanju vsebine obveznosti za zagotovitev skrbnosti in prometa. Predpostavlja se, da je tveganje mikrobne ali kemične kontaminacije inštalacije pitne vode in s tem pitne vode zelo majhno takrat, ko so pri načrtovanju, gradnji, zagonu in obratovanju upoštevani predpisi npr. iz DVGW, DIN, VDI in določeni tehnični predpisi.

Zaradi hitrega tehničnega razvoja novih materialov, sestavnih delov in postopkov, predvsem pa na področju inštalacije pitne vode, je treba predpise stalno prilagajati novemu razvoju in znanstvenim spoznanjem. Rezultati raziskovalnega projekta podajajo dragocene informacije za dopolnitev in predelavo tehničnih predpisov s ciljem zmanjšanja preostalega tveganja ogrožitve človeškega zdravja na najnižjo stopnjo. Poleg tega projekt bistveno prispeva k razumevanju kompleksnih razmerij in postopkov v inštalaciji pitne vode. S tem tvori raziskovalni projekt osnovo za inovacije na področju razvoja novih materialov, sestavnih delov in postopkov.

Popolnoma jasno je: dosledno in strokovno izvajanje tehničnih predpisov lahko bistveno zmanjša tveganje mikrobne kontaminacije z legionelami in psevdomonadami.

Sklepi

Inštalacija pitne vode predstavlja higiensko-mikrobiološko občutljivo komponento v oskrbovalni verigi, ki je sicer urejena s predpisi (DIN 1988, predpisi DVGW), vendar se nezadostno nadzoruje. Za učinkovite rezultate preventivnih ukrepov je zelo pomembno, da se več pozornosti posveti izboru in preverjanju materialov.

Metode, ki se uporabljajo za ocenitev higienske kakovosti materialov ter pitne vode, igrajo pri ocenitvi tveganja odločilno vlogo. Pri tem je treba poleg klasičnih metod uporabiti tudi take, ki so neodvisne od tvorbe kultur, s katerimi je mogoče ugotoviti dejansko prisotnost biomase ter higiensko pomembnih organizmov. Njihovo pojavljanje v stanju VBNC ima pri tem velik pomen, saj lahko pojasni številne trdovratne težave v zvezi s kontaminacijo in ponovno pojavitvijo klic. Poleg tega pa so nujno potrebne še nadaljnje raziskave, s katerimi bi lahko pojasnili, ob katerih pogojih preidejo bakterije v tako stanje, kdaj in zakaj to stanje spet zapustijo in ponovno pridobijo sposobnost tvorbe kultur in ali so potem še vedno kužne.

Na osnovi rezultatov beleženja stanja nadzora inštalacij pitne vode se zastavlja vprašanje, kako se lahko z uporabo sodobnih raziskovalnih metod hitro, preprosto in varno prepoznajo mikrobne kontaminacije v inštalaciji pitne vode v gospodinjstvu ter ugotovijo mesta nahajanja. Razvijanje standardiziranega postopka z možnostjo reproduciranja in ovrednotenja za hitro, varno in stroškovno učinkovito prepoznavanje mikrobne kontaminacije v inštalaciji pitne vode se je izkazalo za potrebno. Potrebno je poenotenje določil za izbor in število reprezentativnih mest vzorčenja, ki vključuje tudi frekvenco vzorčenja, izbor parametrov ter ovrednotenje uporabnosti inovativnih mikrobioloških metod ugotavljanja vsebnosti.

SEZNAM OKRAJŠAV

ChemG	nemški Zakon o kemikalijah
DAPI	4',6-diamidino-2-fenilindol
DOC	Dissolved Organic Carbon (raztopljen organski ogljik)
DVGW	nemško Združenje za plin in vodo
EPDM	Etilen-Propilen-Dien-Monomer
EPS	Ekstracelularne Polimerne Substance
FISH	Fluorescentna In Situ Hibridizacija
GZZ	skupno število celic
HD-PEXb	s silanom zamrežen polietilen
HD-PEXc	s sevanjem zamrežen polietilen
HPC	Heterotrophic Plate Count
IFSG	nemški Zakon o zaščiti pred okužbami
CFU	enota, ki opredeljuje nastanek kolonije bakterij
KTW	plastika v pitni vodi
OIT	Oxidation Induction Time
PCR/qPCR	Quantitative Polymerase Chain Reaction (verižna reakcija s polimerazo)
PFGE	gelska elektroforeza v utripajočem polju
RR	relativno tveganje
TrinkwV	nemška Uredba o pitni vodi
UBA	nemški Zvezni urad za okolje
VBNC	Viable-But-NonCulturable (vitalno, vendar brez sposobnosti tvorbe kultur)
VDI	združenje nemških inženirjev

SLOVAR

Biofilm

»Biofilm« se imenujejo skupine mikroorganizmov na mejnih površinah (pogosto: trdno/tekoče). V biofilmu so organizmi vključeni v plast iz ekstracelularnih polimernih substanc (EPS).

Populacije biofilma/biocenoza

Biocenoza biofilma je sestavljena iz mikrobnih populacij in predstavlja celoto vseh organizmov, ki naseljujejo mejno površino. Najpomembnejši predstavniki v biofilmih pitne vode so bakterije, enoceličarji (amebe, bičkarji in migetalkarji) ter tudi glive. Različni organizmi tvorijo kompleksne življenjske skupnosti (biocenoze) z raznoliko interakcijo.

Razkuževanje

Razkuževanje je proces, s katerim se zmanjša število mikroorganizmov, ki so se sposobni razmnoževati, na osnovi uničevanja oz. deaktiviranja, ter za katerega se predloži standardizirano dokazilo o učinku z možnostjo kvantificiranja, in sicer s ciljem doseganja stanja predmeta/območja/medija, ki zagotavlja, da je izključena možnost okužbe. Cilj razkuževanja je definirano zmanjšanje števila patogenih ali fakultativno patogenih mikroorganizmov, ne pa eliminiranje okoljskih klic brez vpliva na zdravje človeka.

Ugnezdenje

Pri tem projektu pomeni ugnezdenje postopek, pri katerem se za higieno pomembni organizmi (npr. *P. aeruginosa*, *L. pneumophila*) vključijo v obstoječ biofilm, tako da so v njem prisotni občasno ali trajno (persistenca).

Fakultativno patogeni povzročitelji

Povzročitelji, ki za sproženje infekcijskih bolezni potrebujejo posebne pogoje, vendar lahko povzročijo infekcijsko bolezen tudi v primeru odsotnosti imunske odpornosti (npr. *P. aeruginosa*, *L. pneumophila*, *Klebsiella* spp., *Enterobacter* spp.). Primeri specifičnih pogojev: dostop do običajno sterilnih delov (npr. zaradi sistemov katetrov oz. tujkov), uničenje fiziološke mikroflore z antibiotiki, rane ali sprememba fiziološke odpornosti.

Fluorescentna in situ hibridizacija (FISH)

FISH je od kultiviranja neodvisna metoda dokazovanja mikroorganizmov, pri kateri se dokazujejo fluorescentno označeni oligonukleotidi (»genske sonde«) s specifično vezavo na ribosomalno RNK celic. Označene celice tako lahko postanejo vidne s fluorescenčnim mikroskopom. Specifika genskih sond se lahko poljubno izbere, lahko gre za specifično vrsto, družino ali domene.

Higiensko tveganje

Pojem »tveganje« zajema kvalitativno in/ali kvantitativno določitev posamezne škode v smislu možnosti

nastopa dogodka in posledic nastale škode. Svetovna zdravstvena organizacija opredeljuje tveganje kot verjetnost nastopa dogodka, ki povzroči škodo v izpostavljeni populaciji znotraj določenega časovnega obdobja in z upoštevanjem obsega škode. Verjetnost, da pride v določenem časovnem obdobju do poškodbe oseb, skupine ljudi, rastlin, živali in/ali ekologije v določeni izpostavljeni regiji, in sicer zaradi specifičnega odmerka ali koncentracije škodljivega agensa, je odvisna tako od stopnje strupenosti agensa kot tudi od obsega izpostavljanja. »Higiensko tveganje« je verjetnost, da bi poškodba zdravja vplivala tako na posameznike kot na zdravje javnosti. Verjetnost poškodbe se pri tem nanaša na npr. okužbe, obolenja, smrt ali invalidnost, ki nastopijo v določenem časovnem obdobju.

V ožjem pomenu se pojem »higiensko tveganje« pogosto navezuje na tveganje okužbe, pri čemer se disciplina higijene ukvarja tudi z drugimi tveganji.

Število kolonij

Število kolonij je število kolonij, ki postajajo vidne, ki se razvijajo iz določene količine vzorca ob določeni ponudbi hranilnih snovi, določeni temperaturi gojenja in v določenem časovnem obdobju ter v hranilnem agarju ali na njem. Gre za metodo za določanje koncentracije heterotropnih mikroorganizmov z možnostjo tvorbe kultur (metoda »*Heterotrophic Plate Count*«, metoda HPC). Koncentracija se navede v obliki enot, ki zadoštujejo za nastanek kolonije bakterij (CFU) glede na volumen ali površino.

Ugotavljanje števila kolonij kot indikatorskega parametra v skladu z nemško Uredbo o pitni vodi v 1 ml raziskovane vode je namenjeno beleženju določenih za higieno pomembnih mikroorganizmov na hranilnem mediju, ki vsebuje relativno veliko hranilnih snovi. Za beleženje razširjenega spektra heterotropnih bakterij v vzorcih vode in biofilma se pogosto uporabijo hranilni mediji z nizko vsebnostjo hranilnih snovi (medij R2A), daljši časi gojenja (npr. 7 dni) in nizke temperature gojenja (npr. 20 °C).

Legionele, *L. pneumophila*

Pojem legionele se v nemški jezikovni rabi uporablja za vrsto *Legionella*. Te tanke ali kokoidne paličaste aerobne bakterije s kompleksnimi zahtevami glede hranilnih snovi imajo monopolarne bičke in se torej lahko premikajo. Razlikujemo preko 50 različnih vrst glede na različne morfološke, fiziološke in genetske značilnosti. Legionele najdemo na vlažnih in predvsem toplih mestih, naravni habitati so vode in vlažna tla. Hladilni stolpi, klimatske naprave, inštalacija pitne vode itd. predstavljajo zaradi nastanka aerosola nevarnost okužbe za človeka.

L. pneumophila je fakultativna humana patogena bakterija iz vrste *Legionella*, ki povzroči 80–85 % vseh legionelnih obolenj (običajno v obliki pnevmonije). Čeprav je v dokumentaciji in jezikovni rabi nekaterih zdravstvenih uradov zelo razširjen zbirni pojem »legionele«, se vzorci pitne vode pogosto testirajo posebej za vrsto *L. pneumophila*.

Obligatno patogeni povzročitelji

Povzročitelji, ki v primeru pomanjkanja specifične imunosti pri zdravem človeku povzročijo infekcijske okužbe (npr. *Vibrio cholerae*, *Salmonella*, *Typhi*, *Shigella* spp. itd.).

Oportunistično patogeni povzročitelji

Povzročitelji, ki povzročijo infekcijske bolezni skoraj izključno v primeru bistvene oslavitve imunskega sistema (npr. v primeru hude imunske supresije).

Verižna reakcija polimeraze (PCR)

Verižna reakcija polimeraze (*Polymerase Chain Reaction*, PCR) je metoda molekularne biologije za razmnoževanje specifičnih delov DNK.

Pseudomonade, *P. aeruginosa*

Pojem pseudomonade v morfološkem smislu opisuje na splošno vse gram-negativne paličaste bakterije z nizkimi zahtevami glede hranilnih snovi, ki imajo polarne bičke in se torej lahko premikajo. Pseudomonade so razširjene v tleh in v vodi, najdemo jih v povezavi z rastlinami, živalmi in ljudmi.

P. aeruginosa je fakultativno humana patogena aerobna bakterija iz vrste *Pseudomonas*, ki pogosto povzroča okužbe v bolnišnici in okuži predvsem ljudi z imunsko supresijo. Nastajanje piocianina in fluoresceina sta tipični značilnosti, ki omogočata razlikovanje od drugih predstavnikov vrste in ki se preverjata pri ugotavljanju prisotnosti kultur.

Čeprav je v dokumentaciji in v jezikovni rabi nekaterih zdravstvenih uradov močno razširjen zbirni pojem »pseudomonade«, se vzorci pitne vode običajno testirajo posebej za vrsto *P. aeruginosa*.

Gelska elektroforeza v utripajočem polju (PFGE)

Gelska elektroforeza je metoda za ločevanje kosov DNK celotnega genoma. Izdela se genetski prstni odtis posameznih organizmov (genotipizacija), ki se lahko uporabi za ugotavljanje vira kontaminacije.

Kvantitativna PCR (qPCR)

Pri kvantitativni PCR (qPCR) se s fluorescenčnim signalom meri tudi raznolika količina DNK pri množenju.

Relativno tveganje

Relativno tveganje (RR) primerja tveganje izražanja določene značilnosti skupine, izpostavljene določenemu dejavniku, in sicer z ustreznim tveganjem skupine, ki ni bila izpostavljena določenemu dejavniku. Navede se razmerje verjetnosti. $RR = \text{tveganje izpostavljene skupine} / \text{tveganje skupine, ki ni bila izpostavljena}$.

Čiščenje

S čiščenjem je mišljen proces odstranjevanja umazanije (npr. abiotičnih snovi, mikroorganizmov, organskih snovi) z uporabo vode, po potrebi z dodatki za učinkovitejše čiščenje (npr. detergenti ali encimatski izdelki)

ali mehanskimi oz. mehansko-fizikalnimi pripomočki ali postopki, ne da bi šlo za namensko uničenje/deaktiviranje mikroorganizmov. Učinek čiščenja doslej ni kvantificiran ali kako drugače standardiziran.

Pitna voda in segreta pitna voda

Pitna voda je za človeško uporabo primerna voda (1a. odstavek 3. člena TrinkwV) z lastnostmi v skladu z DIN 2000 (»Načela za osrednje oskrbovanje s pitno vodo« in v skladu z DIN 2001 »Oskrbovanje s pitno vodo iz majhnih inštalacij in mobilnih inštalacij«). Njeno sestavo ureja nemška Uredba o pitni vodi (TrinkwV). Pitna voda mora imeti temperaturo ≤ 25 °C.

Segreta pitna voda je pitna voda iz sistemov za segrevanje vode in se uporablja samo za človeško uporabo, predvsem za pitje in pripravo hrane. Običajno prispe do porabnika prek enake armature kot (hladna) pitna voda. Območje temperature za toplo pitno vodo je med 25 °C in 85 °C.

Inštalacija pitne vode

Hišna inštalacija (tukaj imenovana inštalacija pitne vode) je celota vseh cevi, armatur in naprav, ki so med točko odvzema vode s strani distributerja ter točko prenosa pitne vode iz inštalacije za oskrbovanje s pitno vodo do porabnika (3. odst. 3. člena TrinkwV).

Materiali

Z materiali so mišljeni plastika, kovine, keramika.

Staranje materialov

Vsak material spremeni lastnosti (kot sta struktura materiala ali kemična sestava) npr. zaradi termične, mehanske ali kemične obremenitve. Pri plastiki gre pri staranju med drugim za izgubo aditivov (komponent), pri jeklih predvsem za vplivanje difundiranega dušika in posledično krhkost.

VBNC (»Viable-But-NonCulturable«; živo, vendar brez sposobnosti tvorbe kultur)

Stanje bakterij, ki imajo večinoma možnost na običajnih hranilnih medijih in ob običajnih pogojih tvoriti kulture, vendar so trenutno v ohranjevalni fazi in se več ne razmnožujejo. Zato tudi ne tvorijo kolonij na hranilnem agarju, čeprav se potencialno ohrani njihova sposobnost za življenje (vitalnost). Vsebnost bakterij VBNC se lahko ugotovi s postopki, ki niso odvisni od tvorbe kultur (pogosto z biokemičnimi ali postopki molekularne biologije). Bakterije v stanju VBNC imajo delujoče celične membrane, delujočo DNK in še kažejo znake dejavnosti presnove in dihanja. Dejavniki, ki sprožijo stanje VBNC, so neprimerna okoljska temperatura, pomanjkanje hranilnih snovi ali prisotnost razkužil in strupenih kovinskih ionov. Stanje VBNC je povratno. Ob ustreznih okoljskih pogojih lahko bakterije VBNC spet postanejo sposobne za tvorbo kultur in v primeru povzročiteljev bolezni lahko postanejo potencialno kužne.

