

# Mikrobiologický rozbor pitné vody s přihlédnutím k problematice legionell v Německu

## *The Microbiologic Analysis of Drinking Water Considering the Occurrence of Legionella in Germany*

Jaroslav PRŮCHA

IHU Institut für Hygiene und Umwelt, Steinstraße 10, 35457 Lollar, Německo  
e-mail: jdrprucha@t-online.de

### SOUHRN

Přehledný článek popisuje rizika možností přenosu patogenních bakterií pitnou vodou a možné příčiny kontaminace pitných vod. V minulosti docházelo ke znečištění pitných vod patogenními bakteriemi, a tím k hromadným onemocněním s mnoha úmrtími. V roce 1975 byl v Německu (tehdejší SRN) přijat první zákon (Trinkwasserverordnung) o pitné vodě. K novele zákona došlo v roce 2001, a ta byla dále novelizována v letech 2011 a 2013. Tímto zákonem se řídí pravidelné kontroly pitných vod od zdroje (rezervoáry pro pitnou vodu, studny atd.) až ke spotřebitelům. Stanovené limity mikrobiologických a fyzikálně-chemických kritérií nesmí být překročeny.

Druhá část článku pojednává o problematice legionell. Jsou popsána rizika onemocnění způsobená legionellami, jako je Legionářská nemoc a Pontická horečka. Potvrdilo se, že riziko vzniku onemocnění legionellou je stále aktuální, jak ukazuje např. případ Warstein z roku 2013.

### SUMMARY

The review article describes the risks of pathogenic bacteria transfer by drinking water and possible causes of drinking water contamination. In the past occurred several times a contamination of drinking water by pathogenic bacteria, caused mass illness with deaths. In the year 1975 in Federal republic of Germany was adopted first law on drinking water (Trinkwasserverordnung). The amendment of this law was in the year 2001, next amendments followed in the years 2011 and 2013. This law is governed by regular checks of drinking water sources (drinking water reservoirs, wells, etc.) to the consumers. Set limits of microbiological and physical-chemical criteria must not be exceeded.

Second part of this article deals with Legionella problem. There is described the risk of diseases caused by Legionella, such as Legionnaires disease and Pontiac fever. It was confirmed, that the risk of those diseases is still current, as shown in the example Warstein in the year 2013.

## 1 ÚVOD

Voda a především pitná voda se stala strategickou surovinou již dávno a v současnosti je její existence a dosažitelnost zdrojů pro mnoho zemí klíčová. Představuje příležitost, ale i nebezpečí pro každou společnost, každý stát. Obecněji pro obyvatelstvo. Proto je třeba věnovat velkou pozornost, a dlužno podotknout, že ve vyspělých zemích světa se tak děje, její kvalita a především nezávadnost. Z velmi širokého okruhu zkoumání kvality a nezávadnosti vody jsem vybral problematiku mikrobiologického rozboru vody z hlediska výskytu legionell v Německu. Samozřejmě lze předpokládat, že tam platí stejné principy mikrobiologického vyšetření pitné vody jako v České republice.

Právě kvalita vody a její nezávadnost však nemají dopad jen na domácnosti nebo veřejné instituce, ale lze s jistotou tvrdit, že v malé míře ovlivňují i české pivovarské prostředí, a především minipivovary. Ty si ne vždy mohou dovolit věnovat této problematice potřebnou pozornost. Přesto by bylo žádoucí, aby si právě tam mnohem více uvědomovali svou odpovědnost vůči zákazníkovi a v podnikatelském úsilí nezapomínali problematiku kvality pitné vody maximálně zohledňovat.

V první části budou vysvětleny otázky související s všeobecnou mikrobiologickou problematikou pitné vody (ve většině případů se jedná o studenou vodu). Další část je zaměřena na problematiku výskytu legionell především v teplé vodě.

## 2 SPECIFIKACE POJMŮ A VLASTNÍ PROBLEMATIKA NUTNOSTI ZKOUMÁNÍ KVALITY PITNÉ VODY

### 2.1 Pitná voda

Nejprve si upřesněme, co se pod pojmem „pitná voda“ rozumí:

Jako pitná voda je definována každá voda, která je určena k pití, vaření, přípravě potravin a nápojů. Zejména také k následujícím domácím účelům jako je:

- tělesná hygiena
- čištění předmětů přicházejících do styku s potravinami (sklenice, nádobí, přístroje)
- praní textilií, které přicházejí přímo či nepřímo do styku s tělem (oblečení, prádlo).

Dá se říci, že pitná voda je naší nejdůležitější potravinou.

Používá se nejen pro domácí potřebu, nýbrž i obecně v řadě průmyslových odvětví a zvláště v potravinářském průmyslu, např. v pivovarech. Voda na vaření piva, jakož i voda k čištění v různých částech výrobního cyklu musí mít kvalitu pitné vody.

- Zásadním požadavkem na pitnou vodu je, že
  - má být prosta patogenních bakterií a
  - nesmí obsahovat žádné zdravotní riziko.

### 2.2 Patogenní bakterie a jejich vliv na kvalitu pitné vody

Jedním z nejdůležitějších aspektů při posuzování kvality pitné vody je otázka přítomnosti patogenních bakterií. Střevní bakterie *Escherichia coli* (*E. coli*) se rozmnožují stejně jako viry a většina patogenních bakterií pouze v těle teplokrevných živočichů. Nutno zdůraznit, že se tedy nerozmnožují v zemi nebo v systémech určených k zásobování vodou, jako jsou vodárny nebo vodní potrubí. Vniknutí patogenních bakterií do pramenů nebo studní probíhá skoro výhradně prostřednictvím povrchové vody zatížené výkaly. Prokázání střevní bakterie *E. coli* ve vodě ukazuje na kontaminaci vody výkaly.

Zároveň je však třeba dodat, že nejreprezentativnější *E. coli* bakterie jsou prakticky neškodné a dokonce nepostradatelné a jako součást naší střevní flóry nezbytné.

Mikrobiologické zdroje potenciálních patogenních bakterií při zamoření vody jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1 přehledně ukazuje, že patogenní bakterie a viry se mohou přenášet pevnými i tekutými lidskými výkaly a mohou tak pitnou vodu infikovat. Dále je z tabulky zřejmé, které infekční bakterie a viry způsobují konkrétní nemoc. Podotýkám, že některé patogenní bakterie mohou být přenášeny vedle výkalů i slinami a hnísem.

### 2.3 Patogenní bakterie v různých druzích vod

Tab. 2 ukazuje, jak dlouho mohou patogenní bakterie přežít, když kontaminují relativně čisté vody, jako voda mořská či říční nebo voda dodávaná spotřebitelům vodárnami. Dále je zřejmé, že čím je voda více znečištěna, tím jsou doby přežití patogenních bakterií delší. Hlavním poznatkem je, že i v čisté pitné vodě mohou infekční bakterie, jako například *Salmonella typhi*, přežít až 3 měsíce. K nakažení *Salmonellou typhi* stačí několik, i méně než deset bakterií. Vedle koncentrace infekčních bakterií hraje pro vznik těchto nemocí důležitou roli i inkubační doba, tedy čas, ve kterém se mohou spotřebitelé nakazit infekčními nemocemi. Dodržováním hygieny, očkováním a používáním antibiotik se riziko vzniku epidemie výrazně snižuje.

Tab. 1 Bakterie a viry v lidských výkalech způsobující infikování pitné vody (Beck, Schmidt, 1988)

Onemocnění	Patogenní bakterie a viry	Druh výkalů		
		pevné	tekuté	další
Typhus abdominalis	<i>Salmonella typhi</i>	+	+	
Paratyphus	<i>Salmonella paratyphi</i> A, B, C	+	+	
Kojenecká enteritida	<i>Escherichia coli</i> Určité sérotypy	+	-	
Nemoci spojené s cestováním	<i>Escherichia coli</i> Určité sérotypy	+	-	
Úplavice	<i>Shigella</i> sp.	+	-	
Asijská cholera	<i>Vibrio cholera</i> <i>Vibrio El Tor</i>	+	-	
Tuberkulóza	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	+	+	sliny
Enterovirózy	Dětská obrna – virus Coxsackie – Viry echoviry	+	-	
Hnisání, úplavice	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	+	+	hnis
Hepatitida epidemica	Hepatitida – Viry – Typ A	+	-	
Gastroenteritidy	rota a reoviry	+	-	
infekce chřipky	adenoviry	+	-	

Tab. 2 Doba přežití některých patogenních bakterií a virů v různých druzích vod (Borneff, 1982)

Patogenní bakterie	Onemocnění	Doba přežití ve dnech			
		kohoutková voda	říční voda	mořská voda	odpadní voda
<i>Vibrio comma</i>	Cholera	4–28	1–92	bis 47	1–213
<i>Salmonella typhi</i>	Tyfus	2–93	4–183	3–28	2–115
<i>Salmonella paratyphi B</i>	Paratyfus	27–37		4–9	2–500
<i>Salmonella enteritidis</i>	Gastroenteritida				23–36
<i>Shigella dysenteriae</i>	Úplavice	15–27	12–93	5–72	2–4
<i>Shigella sonnei</i>	Úplavice	20–50			do 310
<i>Brucella abortus</i>	Morbus Bang	5–85			2–77
<i>Leptospira</i> sp.	Morbus Weil u.a.		do 150		do 60
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	tbc				48–197
<i>Clostridium tetani</i>	Tetanus	jako spory	nekonečně		
<i>Bacillus anthracis</i>	Slezinná snět	jako spory	nekonečně		
Enteroviry*	Dětská obrna apod.	200			
Vaccinavirus*		200			
Reovirus*		150–175			
Herpesvirus*	Herpes	15–25			
Rhabdovirus*	Somatitis	25			
Askarideneier	Škrkavka				30

\*Podle Mayr, Reduktion der Infektiosität um 99% bei 9–15 °C

## 2.4 Epidemie v minulosti a v současné době

V minulosti nebyly domácí splašky a jiné odpadové vody od vodních systémů, jako jsou např. studny, odděleny. To snadno vedlo ke kontaminaci pitné vody. Stejně tak nebyly obvyklé ani pravidelné zkoušky pitné vody a její dezinfekce. Proto se často dostaly patogenní bakterie do pitné vody a způsobovaly u lidí infekce. V některých případech, jak známe z historie, vznikaly právě z nekvalitní pitné vody rozsáhlé epidemie. Existoval však nápoj, který díky způsobu výroby minimalizoval vznik epidemií, a tím bylo pivo, během jehož výrobního procesu se používala převařená voda.

Dále lze uvést, že pivo na základě obsahu různých látek, jako např. chmele a jeho součástí, a především alkoholu působí antimikrobiologicky, tzn. nepodporuje rozvoj patogenních bakterií. Relativně nízká hodnota pH působí též proti infekčním bakteriím.

Tab. 3 ukazuje typické epidemie pitné vody v minulých staletích.

V minulosti, kdy pravidelné kontroly pitných vod neexistovaly a v případě jejich kontaminace nebyla možnost dezinfekce, docházelo hlavně ve velkých městech k epidemiím na základě znečištění pitné vody. Čím je vodovodní síť rozsáhlejší, tím může kontaminovaná voda zasáhnout více spotřebitelů.

Tab. 3 Příklady typických epidemií způsobených znečištěnou pitnou vodou (Beck, Schmidt, 1988)

rok	město	nemoc	onemocnění	úmrť
1892	Hamburk	epidemie cholery	16 000	9000
1901	Gelsenkirchen	epidemie skvrnitého tyfu	3200	350
1919	Pforzheim	epidemie skvrnitého tyfu	4000	400
1978	Ismaning, Mnichov	epidemie úplavice	2450	-
1920–1936	USA a Kanada, Carlson	vodní epidemie	125 000	-

Při šíření epidemie pitnou vodou hraje velkou úlohu inkubační doba jednotlivých patogenních bakterií. Ta je rozdílná od několika dnů až po několik týdnů. V té době, kdy byla pitná voda již infikovaná, a ještě se neprojevovaly příznaky infekční nemoci, se voda pila a běžně používala, a tím se skupina nakažených stále zvětšovala. V té době bylo jedinou možností, jak pitnou vodu zbavit patogenních bakterií, ji převařit. Tato metoda dezinfekce se používá dodnes.

Nicméně i v současnosti, kdy je pitná voda velice intenzivně kontrolována a jsou známy různé možnosti dezinfekce pitné vody, může za určitých okolností dojít k epidemii. V květnu 2015 došlo k znečištění pitné vody v Praze 6 (ČTK, 2015). Toto znečištění způsobila kanalizace ze Střešovic. Onemocnělo 4 144 lidí, z toho 33 skončili v nemocnici. Příčinou byla pitná voda kontaminovaná bakteriemi a viry, které způsobily střevní potíže. V místě křížení byl průsak odpadní vody do vodovodního potrubí s pitnou vodou. Kanalizace vedoucí mimo jiné ze střešovické nemocnice pochází z roku 1925, vodovod byl pod ní uložen v roce 1960. O tomto křížení nebyla žádná zpráva ani v projektu ani nebylo uvedeno v žádných plánech. Vodovod i kanalizace byly poškozeny zřejmě v důsledku blízkých staveb, mimo jiné stavby tunelového komplexu Blanka a projektu Royal Triangle. Správně má být kanalizační potrubí vedeno pod vodovodním.

Další případ epidemie v tomto roce byl zaznamenán v Novém Boru a jeho okolí (MÚ Nový Bor, 2015). Nový Bor a nedaleké okolí postihly v srpnu roku 2015 desítky lidí střevní potíže. Laboratorní testy odhalily znečištění jednoho z vodojemů. V Novém Boru hygienici používání znečištěné vody zakázali. Laboratorní testy ukázaly ve vodě nadlimitní výskyt bakterií *Escherichia coli* a koliformních bakterií, které způsobují průjemová onemocnění a mohou vážně ohrozit zdraví. Nákaza v Novém Boru způsobila stovkám lidí těžké střevní potíže. Obyvatelé města byli zásobováni vodou z cisteren. Z preventivních důvodů radnice nechala uzavřít školy a školky.

Tyto dva případy epidemie ukazují na nebezpečí, které pitná voda i v současné době přináší.

## 2.5 Zákon o pitné vodě – „Trinkwasserordnung“

Aby bylo možné epidemie vzniklé z nekvalitní, infikované pitné vody vyloučit, začal se v Německu v roce 1975 připravovat zákon o pitné vodě. Tento „Trinkwasserordnung 1976“ nabyt platnosti v roce 1976. Od počátku jeho platnosti se začala kvalita pitné vody z mikrobiologického a chemického hlediska analyzovat mnohem podrobněji. A v důsledku uvedených opatření, tedy stanovením kritérií, limitů a pravidelným kontrolováním, se kvalita pitné vody ve srovnání s minulostí výrazně zlepšila.

Novela zákona o pitné vodě Trinkwasserordnung – TrinkwV 2001 (TrinkwV, 2001) je zákonem o kvalitě vody pro lidskou spotřebu a byla vydána v roce 2001. K novelizaci došlo ještě dvakrát, v letech 2011 a 2013. Touto změnou byl rozbor pitné vody rozšířen mimo jiné o kritéria radioaktivity, uranu a legionell. Nařízení je od té doby mnohem přísnější pro komerční pronajímatele a provozovatele budov, ve kterých jsou nabízeny služby pro veřejnost, jako činžovní domy, hotely, bytová družstva, školy, ubytovny, kanceláře a podobně.

V tab. 4 je uvedeno, která vybraná mikrobiologická kritéria zmíněná ustanovení o pitné vodě specifikuje:

Tab. 4 Mikrobiologická kritéria stanovená na základě zákona o pitné vodě, verze zveřejněná 2. srpna 2013

### Všeobecné požadavky na pitnou vodu (TrinkwV, 2001, příloha 1 (§ 5, oddíl 2 a 3) – Mikrobiologická kritéria, BGBl. I 2013, 2992)

parametr	limit
<i>Escherichia coli</i>	0/100 ml
Enterokoky	0/100 ml

### Požadavky na balenou pitnou vodu

parametr	limit
<i>Escherichia coli</i>	0/250 ml
Enterokoky	0/250 ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0/250 ml

Indikační kritéria (TrinkwV, 2001, Příloha 3 (§ 7 a § 14, oddíl 3), BGBl. I 2013, 2996–2998)

### Všeobecná indikační kritéria

parametr	jednotka	limit	limitní požadavky
<i>Clostridium perfringens</i> (včetně spor)	100 ml	0	–
Koliformní bakterie	100 ml	0	pro balenou vodu /250 ml
Kolonie tvořící jednotky – KTJ 22 °C	1 ml	100	po dezinfekci - 20/ml při samospotřebě - 1.000/ml
Kolonie tvořící jednotky – KTJ 36 °C	1 ml	100	pro balenou vodu - 20/ml

### Speciální indikační kritérium pro zařízení s instalací pitné vody

parametr	technický limit
<i>Legionella spec.</i>	100/100 ml

Tento zákon pro pitnou vodu stanovuje limity pro mikrobiologické a fyzikálně chemické parametry. Limitem je ohraničena přítomnost přímých fekálních bakterií, a to *E. coli* a enterokoků. Dále jsou limitovány tzv. indikační parametry, jako je *Clostridium perfringens* (včetně spor), koliformní bakterie a souhrn všech bakterií včetně nepatogenních kvasnic a plísní. Podle tohoto zákona fekální bakterie, indikační parametry *Clostridium perfringens* a koliformní bakterie nesmějí být ve 100 ml vody přítomny. Dále je ohraničena suma všech bakterií ve vodě se 100 KTJ na 1 ml vody za normálních podmínek.

V příloze 3, oddíl 3 (TrinkwV, 2001, Anlage 3, zu § 7 und § 14 Absatz 3) je nově uveden speciální indikátor pro zařízení na pitnou vodu. Tím je parametr *Legionella spec.* Při hodnotách 100 legionell na 100 ml vody a vyšších je nutno aktivovat určitá technická opatření a na vzniklou situaci reagovat. Při hodnotách do 100 legionell na 100 ml vody není třeba provádět žádnou sanitační akci.

Dodavatel vody je povinen svým zákazníkům dodat vodu v požadující kvalitě až k domovní přípojce. Odtud nese zodpovědnost za její kvalitu majitel instalace, tudíž majitel budovy. Koncem servisní linky je obvykle hlavní ventil v suterénu nebo ve sklepe.

Při pokusu prokázat jednotlivé patogenní bakterie v laboratoři, jako je např. salmonela, shigela, streptokoky atd., se objevuje problém, že tyto bakterie jsou většinou proti přítomnosti *E. coli* v menšině. Při růstu na Petriho miskách jsou poté koloniemi *E. coli* přerostlé a obtížněji se vyhodnocují. Proto je přímý důkaz patogenních bakterií sám o sobě velmi obtížný a nákladný. Na základě dlouholetých zkušeností tedy slouží *Escherichia coli* jako indikátor přítomnosti fekálních patogenních bakterií, a tudíž jako indikátor rizika v pitné vodě. Odpadne tak složitá kultivace infekčních bakterií, která je metodicky obtížná.

## 2.6 Přednosti *Escherichia coli* jako nejdůležitějšího fekálního indikátoru v pitné vodě

Mezi přednosti *Escherichia coli* patří:

- má podobné vlastnosti jako většina patogenních fekálních bakterií
- ve fekálních vodách ve velkých koncentracích je vždy přítomná
- lehko se dá analyticky stanovit
- malé riziko nákazy při jejím stanovení.

V zákoně o pitné vodě jsou další uvedené indikátory pro fekální znečištění, jako jsou např. enterokoky, *Clostridium perfringens* a v omezeném množství také koliformní bakterie. Koliformní bakterie jsou spolek různých bakterií. Některé pocházejí stejně jako *E. coli* z výkalů, jiné se rozmnožují jak v půdě, tak ve vodě. Vzhledem k tomu naznačuje jejich přítomnost potenciální zdravotní riziko.

Dalším mikrobiologickým kritériem je počet kolonií (KTJ) na 1 ml. Tímto způsobem jsou zaznamenány neškodné bakterie a houby. Zvýšení na více než 100 KTJ/ml poukazuje na hygienické nedostatky, jako je netěsná vodní instalace, špatná výměna vody v potrubí, zvýšená teplota vody podporující množení bakterií atd.

Velké komunální systémy ve větších městech musí mikrobiologické parametry kontrolovat denně, menší systémy týdně, čtvrtletně nebo ročně. Bakteriologické sledování na KTJ, *Escherichia coli* a též koliformních bakterií je nejčastější.

Odlehle usedlosti s vlastní studnou musí alespoň jednou ročně nechat provést mikrobiologické přezkoušení pitné vody. Interval mezi chemickými analýzami je určen městským nebo krajským zdravotním úřadem a rozbor musí být proveden nejméně jednou za tři roky.

Hygiena pitné vody v minulosti ukázala, že je velmi důležité, aby splašky a průmyslové odpadní vody byly odděleny od systémů pro zásobování pitnou vodou. Při pravidelných kontrolách pitné vody je pak riziko vzniku nové epidemie zapříčiněné kontaminací vody, jak tomu bylo mnohokrát v minulosti, značně zmírněno.

## 3 LEGIONELLY

### 3.1 Výskyt legionell

#### *Legionella* v teplé pitné vodě

Bakterie legionelly (obr. 1) jsou pohyblivé tyčinky s průměrnou délkou 2-5  $\mu\text{m}$  a průměrnou šířkou 0,5–0,8  $\mu\text{m}$ . Jsou rozšířeny celosvětově v mnohých typech a skupinách a nacházejí se jak v povrchové vodě, tak i v půdě.

Současně je známo více než 48 druhů a 70 sérotypů. Nejnebezpečnějším druhem z hlediska onemocnění je *Legionella pneumophila*.

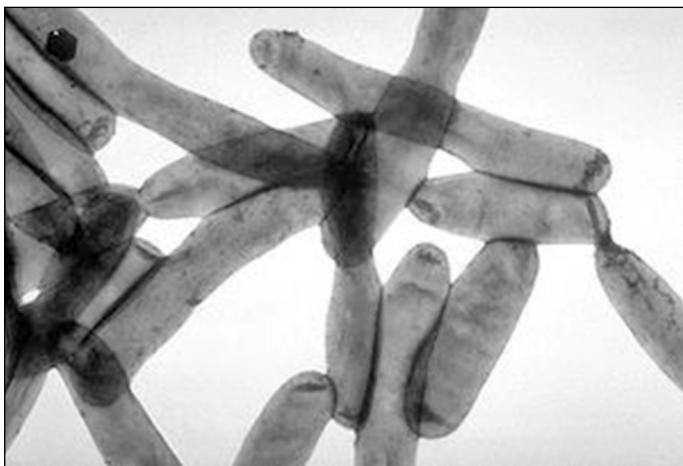
#### Výskyt legionell v přírodě

Vyskytují se ve všech sladkovodních vodách (řekách, jezerech), ale obvykle ne v hlubokých studnách.

Při použití říčních a jezerních vod (břehem filtrovaná voda) k získání pitné vody pak v malých množstvích i v pitné vodě.

#### Výskyt legionell ve vodních sítích

Legionelly se nacházejí tam, kde teplá voda poskytuje ideální podmínky pro jejich rozšíření: při dodávkách teplé vody (do domácností, nemocnic, domovů, hotelů apod.), v klimatizačních systémech a zvlhčovačích, dále zejména v bazénech, v horkých vanách (vířivkách) a ve všech zařízeních, která vodu rozprašují na kapičky (např. zamlžovací zařízení, mlhové kašny).



Obr. 1 Mikroskopický pohled na legionellu (CDC, n/a)

### 3.2 Choroby způsobené legionellami

#### • Legionářská nemoc (zápal plic)

fatální je v 10–15% případů, u oslabených osob může úmrtnost dosáhnout až 70%.

#### • Pontiacká horečka

má příznaky podobné chřipce, není však fatální.

### 3.3 Přenos legionell

Legionelly jsou přenášeny vdechováním vzduchu, tedy aerosoly. Zejména pak ve sprše, ve vířivkách, vodotryscích a v zastaralých klimatizačních jednotkách. U více než 90 % těžkých infekcí legionellou se prokázala *Legionella pneumophila*, přičemž séro skupina 1 byla prokázána u dvou třetin případů. Ale také jiné druhy legionell jsou patogenní.

Zvláště ohroženi jsou především starší lidé, kuřáci a lidé s oslabeným imunitním systémem, jako například diabetici. Všeobecně onemocní muži více než dvakrát často než ženy. Děti jsou jen zřídka postiženy.

Dříve se předpokládalo, že se legionelly nacházejí pouze ve sladkovodní vodě, ale vyskytují se i ve vodě mořské, kde se mohou i množit.

Vzhledem k jejich přirozenému rozšíření se legionelly nacházejí v malém množství i v podzemních vodách. Proto se mohou také vyskytovat ve velmi nízké koncentraci ve vodě dodané vodárnami.

### 3.4 Vliv teploty vody na růst legionell

Teplota je důležitým činitelem pro rozmnožování legionell:

<20 °C – rozmnožují se jen velmi pomalu

>20 °C – tempo růstu se postupně zvyšuje

30–45 °C – optimální podmínky

>50 °C – málo příznivé až nepříznivé podmínky

>55 °C – rozmnožení není možné a legionelly odumírají

60 °C – dochází k bezpečnému odumírání.

Příznivá místa pro růst legionell jsou povlaky nebo biofilmy, které se tvoří, když jsou k dispozici velké plochy (např. filtry), usazeniny (např. vodní kámen), kaly a korozní produkty. V takovém biofilmu jsou legionelly chráněny hlenem, který samy produkují. Na základě této vlastnosti mohou legionelly určitá dezinfekční opatření i přežít.

Tyto biofilmy představují ekosystém, ve kterém se vyskytují jednobuněčné mikroorganismy jako (neškodné) améby, které se živí různými tanninami mikroorganismy. Živí se též legionellami, které však nestrávené v amébě přežívají, a mohou se v ní dokonce rozmnožovat.

Také v amébo cystách, které je třeba považovat za vdechovatelné částice, se nacházejí legionelly. Všechna běžná dezinfekční opatření jsou tedy neúčinná, protože legionelly jsou chráněny amébami.

### 3.5 Dezinfekce chlorem

Je-li ve vodárnách voda dezinfikovaná chlorem o koncentraci 0,3 mg/l, na zneškodnění legionell to nestačí. Podle německého předpisu může pitná voda obsahovat maximálně 0,3 mg/l volného chloru. Tato koncentrace je pro legionelly neúčinná. Teprve chlor o koncentraci od 60 mg/l má dezinfekční účinky. Proto je ve vodárnách dezinfikováno ozónem nebo oxidem chloričitým.

### 3.6 Epidemie legionell

Legionelly v přírodě jsou známy odedávna, ovšem až do vypuknutí epidemie v roce 1976 v USA byly považovány jen za neškodné zárodky ve vodě.

Legionelly byly poprvé objeveny jako patogenní bakterie v červenci 1976 v Bellevue-Stratford hotelu ve Philadelphii. Tam onemocnělo při 58. kongresu veteránů Americké legie 180 ze 4400 delegátů. Ačkoliv kongres začal již 22. června, zjistila zdravotní inspekce teprve 2. srpna, že vypukla epidemie. Navzdory okamžité výzkumné a analytické činnosti se podařilo bakterie z plicní tkáně jednoho zesnulého veterána izolovat až v lednu 1977.

Vypuknutí obdobné epidemie bylo v roce 2013 zaznamenáno v Německu ve Warsteinu u pivovaru Warsteiner. Vlna onemocnění začala 10. srpna 2013 a až do 25. srpna téhož roku bylo hlášeno celkem 165 případů onemocnění. V té době již 3 pacienti zemřeli.

Při mnohem častějším výskytu Pontiacké horečky, tedy horečnatého onemocnění podobného chřipce, se odhaduje, že jen v Německu ročně onemocní 100 000 lidí. Toto onemocnění, které probíhá obvykle bez ohrožení plic, se hojí během několika dnů.

Tab. 5 ukazuje výběr ohnisek epidemií legionell za posledních 39 let.

Tab. 5 Případy onemocnění způsobené legionellou (výběr; Anonymous, n/a)

rok	místo	příčina	počet	
			onemocnění	úmrť
1976	Bellevue-Stratford Hotel v Pennsylvanii, USA	klimatizace	221	34
1985	Stafford District General Hospital ve Staffordu, Velká Británie	klimatizace	101	28
1987	Gumárenský závod v Armawiru, Sovětský svaz	nádrže na pitnou vodu	236	3
1999	Květinový veletrh (Westfriese Flora) ve Bovenkarspelu u Stede Broec, Nizozemí	vířivé vany	133	23
1999	FEDOBA-odborný veletrh v Kapellenu, Belgie	ozdobné fontány ve vířivé vaně	43	5
2000	Melbourne Aquarium v Melbourne, Austrálie	klimatizace	119	4
2001	SAS Atlantic Hotel ve Stavangeru, Norsko	klimatizace	28	7
2001	Městská čtvrť Murcia, Španělsko	chladicí věž městské nemocnice, klimatizace	449	6
2003	Rafinérie firmy Noroxo u Harnesu, Francie	chladicí zařízení	69	14
2005	Výrobce ligninu Borregaard v Sarpsborgu, Norsko	pračky průmyslového vzduchu	56	10
2005	Pečovatelství dům – Toronto, Kanada	chladicí věž	127	21
2012	AR Diamante Beach hotel v Calpu, Španělsko	pravděpodobně příprava teplé vody	13	3
2013	Wesley Ridge Retirement Community (Sun City) v Reynoldsburgu, Ohio, USA	pitná voda a chladicí věž	39	6
2013	<b>Čistička ve Warsteinu, Německo</b>	<b>chladicí zařízení a odpadní vody pivovaru Warstein</b>	<b>165</b>	<b>3</b>
2014	Továrna na hnojiva, Vila Franca de Xira, Portugalsko	Chladicí věže firmy Adubos de Portugal	278	6

Z tohoto výběru epidemií způsobených legionellami je zřejmé, že toto onemocnění může propuknout kdekoli v celém civilizovaném světě bez ohledu na kontinent.

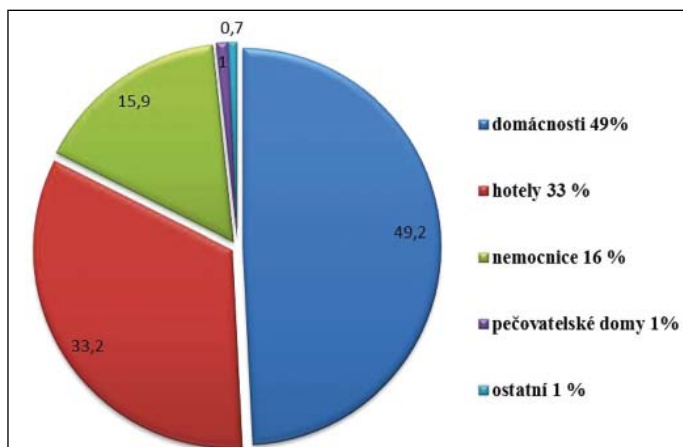
Dále tabulka ukazuje, že klimatizační zařízení, zásobníky na vodu, vířivé vany, chladicí zařízení, chladicí věže, a v případě Warsteinu čistička odpadních vod, mohou být příčinou epidemií způsobených legionellami.

Tím se potvrzuje, že riziko vzniku onemocnění legionellou je stále aktuální, jak ukazuje např. případ pivovaru Warstein z roku 2013. Zde došlo k rozmnožení legionell v komunální čističce odpadních vod, která slouží i pivovaru. Ty potom byly přeneseny směrem na město Warstein. Při této epidemii onemocnělo 165 lidí a 3 osoby zemřely.

### 3.7 Přehled výskytu onemocnění legionellou

Ná obr. 2 je přehled přítomnosti onemocnění legionellou v Německu v roce 2008. Tyto informace jsou sestaveny podle místa výskytu onemocnění.

Z obrázku je zřejmé, že v soukromém sektoru se vyskytuje přibližně polovina případů výskytu legionell. Poté následují hotely s více než 30 %. Nemocnice jsou s 15 % zřetelně za nimi. Nejmenší podíl mají pečovatelská zařízení s pouze 1%. To lze vysvětlit tím, že hygienický standard v těchto zařízeních je velice vysoký. To také vypovídá o tom, že v roce 2008 byly pečovatelské domy, nemocnice a další zařízení pravidelně kontrolovány na přítomnost legionell v teplé vodě. V případě pozitivního nálezu bylo ihned hygienicky zasáhnuto.



Obr. 2 Statistický přehled zdrojů infekcí legionell v Německu v roce 2008 (RKI, 2009)

### 3.8 Povinná kontrola na legionelly v Německu

Od roku 2011 je za určitých podmínek stanovena povinnost provádět kontrolu přítomnosti legionell. DVGW, Německé sdružení plynového a vodního odboru, vypracovalo v roce 2004 pracovní listinu W551 (DVGW, 2004). V této listině jsou popsána opatření, která jsou nezbytná k zabránění masivního rozšíření legionell v instalačních systémech teplé pitné vody.

Od roku 2011 je povinnost provádět kontroly na legionelly, když:

- vodní ohříváč (bojler) je větší než 400 litrů nebo
- potrubí na teplou vodu k prvnímu odběrnému místu obsahuje víc než 3 litry vody
- Při překročení jednoho z těchto dvou ukazatelů se musí teplá voda v těchto systémech pravidelně kontrolovat.

V této listině jsou opatření, která jsou nezbytná k zabránění masivního rozšíření legionell v systémech **teplé pitné vody**, zpřesněna:

- potrubí se studenou vodou max. 25 °C
- potrubí bez cirkulace nesmí mít větší vodní objem než 3 litry
- objem kotle < 400 litrů bez podmínek
- objem kotle > 400 litrů rovnoměrnou teplotu 60 °C
- teplota teplé vody minimálně 60 °C (odchod z kotle)
- potrubí s cirkulací minimálně 55 °C i na poslední pozici v systému

### 3.9 Zařízení na teplou vodu

Voda se ohřívá v zásobníku na 60 °C. Tato teplá voda je vedena stoupačkami do budovy, do vyšších poschodí a na nejvzdálenějším, často i nejvyšším místě, se odebere vzorek na kontrolu legionell. Pro každou stoupačku se odebere jeden vzorek. U každého zařízení na teplou vodu jsou nutné ještě dva další vzorky, a to na výstupu teplé vody ze zásobníku a na zpětném vstupu, což znamená na konci cirkulačního potrubí před vstupem do zásobníku. Pro jedno zařízení na teplou vodu se běžně odebírají minimálně 3 vzorky (na jedné stoupačce). Při odběru se měří zároveň teplota vody v místě odběru.

### 3.10 Koncentrace legionell a jejich vyhodnocení podle listiny W 551

Koncentrace legionell a jejich vyhodnocení podle listiny W551 je zachyceno v tab. 6a a 6b.

V tab. 6a je vyhodnoceno první, orientační přezkoušení. Je-li dosažena koncentrace legionell pod 100 KTJ na 100 ml, odpovídá to požadované hodnotě dle ustanovení o pitné vodě. Tato hodnota poukazuje na žádnou nebo nepatrnou kontaminaci legionellami. V tomto případě není nutné žádné opatření. Při negativních výsledcích následuje další ověření u obytných jednotek až po třech letech. Pro nemocnice, pečovatelské domy, hotely a další veřejná zařízení platí další přezkoušení po roce.

Při vyšších koncentracích nad 1000 KTJ/100 ml musí následovat další přezkoušení.



Tab. 6a Hodnocení analýz orientačního přezkoušení na legionelly (DVGW, 2004)

Legionelly (KTJ/ 100ml)	vyhodnocení	opatření	další přezkoušení**	následující přezkoušení
>10 000	extrémně vysoká kontaminace	přímé ohrožení zdraví (dezinfekce, zákaz sprchování) nutnost sanace	okamžitě	1 týden po dezinfekci nebo rekonstrukci
>1000	vysoká kontaminace	nutnost sanace je závislá na dalším přezkoušení	v nejbližší době	–
>100	střední kontaminace	není nutné	během 4 týdnů	–
<100	žádná nebo minimální kontaminace	není nutné	není nutné	po 1 roce po 3 letech *

\* pokud při dvou následujících kontrolách v ročním odstupu je zjištěno méně legionell než 100 KTJ/100 ml, smí následovat další přezkoušení v maximálním odstupu tří let.

\*\* pokud se orientační přezkoušení provede v rozsahu zkoušek odpovídajících následnému přezkoušení, platí nařízení popsané v tab. 6b.

Tab. 6b Vyhodnocení nálezů následných podrobnějších zkoušek na přítomnost legionell (DVGW, 2004)

Legionelly (KTJ/ 100ml)	ohodnocení	opatření	další přezkoušení*	následující přezkoušení
>10 000	extrémně vysoká kontaminace	přímé ohrožení zdraví (dezinfekce, zákaz sprchování) nutnost okamžité sanace	okamžitě	1 týden po dezinfekci nebo sanaci
>1000	vysoká kontaminace	v nejbližší době nutná sanace	během 3 měsíců	1 týden po dezinfekci nebo sanaci*
>100	střední kontaminace	střednědobá sanace nutná	během max. 1 roku	1 týden po dezinfekci nebo sanaci*
<100	žádná nebo minimální kontaminace	není nutné	---	po 1 roce (po 3 letech)**

\* Pokud je při dvou následujících kontrolách se čtvrtletním odstupem zjištěno méně legionell než 100 KTJ/100 ml, může být další přezkoušení provedeno s odstupem jednoho roku po druhé následné kontrole. Tyto následné kontroly mohou být provedeny podle schématu orientačních zkoušek (tab. 6a).

\*\* Pokud při následujících kontrolách s ročním odstupem je zjištěno méně legionell než 100 KTJ/100 ml, může následovat další přezkoušení v intervalu tří let.

Při koncentracích přes 10.000 KTJ/100 ml následují dezinfekce a omezené použití vybraných zařízení, např. zákaz sprchování. Sa- nační zákroky jsou nutné bezodkladně.

### 3.11 Laboratorní stanovení legionell

Analýza vody na legionelly probíhá dvěma metodami. Při první se nasadí 1 ml a při druhé 100 ml vzorku. Tímto způsobem se zachytí prakticky všechny běžné koncentrace legionell ve vodě. Přezkouše- ní vody na legionelly trvá 10 dní. Legionelly rostou na speciální živné půdě (má černou barvu) jako bílo-šedivé kolonie (obr. 3).

Vypěstované podezřelé kolonie je třeba ještě podrobit kontrole, zda se jedná opravdu o legionelly. Důkazem je neschopnost legio- nell růst na jednoduchém živném agaru.

### 3.12 Dezinfekční opatření při výskytu legionell:

Při zjištění výskytu legionell lze provádět následující dezinfekční opatření:

- Tepelná dezinfekce 70°C
- Chemická dezinfekce:
  - Chlornan sodný

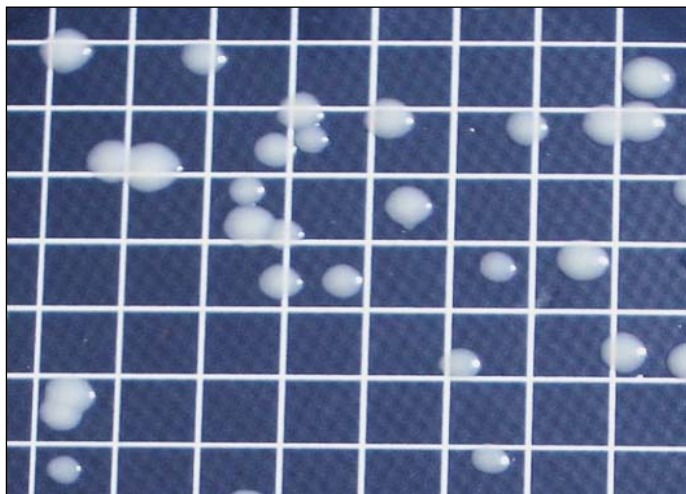
- Oxid chloričitý
  - Peroxid vodíku
  - Ozón
- Další možnosti dezinfekce jsou:
- UV-C dezinfekce
  - Ultrafiltrace
  - Impuls proplachování.

## 4 ZÁVĚR

Závěrem lze říci, že pokud jsou splněna kritéria zákona pro pitnou vodu a vyhlášky DVGW W551, tzn. především pokud voda v zásob- níku i voda odcházející ze zásobníku má teplotu minimálně 60 °C a cirkulační voda, která se recykluje zpět do zásobníku, má teplotu minimálně 55 °C, je riziko kontaminace piné vody legionellou prak- ticky nemožné.

### LITERATURA

- Anonymous, n/a: <http://de.wikipedia.org/wiki/Legionellen>
- Beck, E., G., Schmidt, P., 1988: Hygiene Präventivmedizin – Ta- schenbuch. 3. Auflage, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart. ISBN 3432927630
- Borneff, J., 1982: Hygiene. 4. vyd., George Thieme Verlag Stuttgart – New York: 109
- CDC, n/a: Centers for Disease Control and Prevention, Public Health Image Library, ID 1187.
- ČTK, 2015: ČTK rum, 25.06.2015
- IHU, n/a: [www.ihu-lollar.de](http://www.ihu-lollar.de)
- MÚ Nový Bor, 2015: [www.novy-bor.cz/cz/mestsky-urad](http://www.novy-bor.cz/cz/mestsky-urad), 22.08.2015.
- RKI, 2009: Zur Situation bei wichtigen Infektionskrankheiten in Deut- schland. Legionärskrankheit im Jahr 2008. Robert Koch Institut in Berlin, Epidemiologisches Bulletin 47/2009: 483–487
- TrinkwV, 2001: Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch, [http://www.gesetze-im-internet.de/trin- kwv\\_2001/BJNR095910001.html](http://www.gesetze-im-internet.de/trin- kwv_2001/BJNR095910001.html)
- DVGW, 2004: Arbeitsblatt W 551, <http://www.dvgw.de/wasser/trink- wasser-und-gesundheit/legionellen/>



Obr. 3 Kolonie legionell narostlé na membránovém filtru (IHU, n/a)