



Magyar Mérnöki Kamara

A

**Magyar Mérnöki Kamara
Épületgépészeti Tagozat**

Feladat Alapú Pályaműve

A pályamű címe:

**A biztonságos ivóvízellátás megteremtésének
tervezési eszközei**

MMK azonosító száma: 10/2017-ÉGT

Témavezető: Dr. Barna Lajos PhD okl. gépészmérnök, épületgépész
szakértő. Jogosultságok: G, SZÉS3, TÉ

Közreműködő szakértők:

Eördöghné Dr. Miklós Mária PhD okl. gépészmérnök és
Dr. Szánthó Zoltán PhD okl. gépészmérnök
épületgépész szakértők

Dr. Balla József okl. vegyészmérnök,
ny. egyetemi docens

Lektorok: Dr. Barna Zsófia PhD
környezet-egészségügyi szakember
Dr. Bajnóczy Gábor okl. vegyészmérnök,
a műsz. tud. kandidátusa, ny. egyetemi docens

Budapest, 2017. október 16.



TARTALOMJEGYZÉK

Bevezetés	5
A pályamű vezetői összefoglalója	6
1. Az emberi fogyasztásra szánt víz – ivóvíz – jellemzői	8
1.1. Az ivóvíz mikrobiológiai jellemzői	9
1.2. Az ivóvíz fizikai-kémiai jellemzői	12
1.2.1. Ásványi anyag tartalom	13
1.2.1.1. Két, gyakran előforduló, beavatkozást igénylő szennyeződés: ammónium és arzén	16
1.2.2. Fizikai jellemzők	19
1.2.2.1. Vízkeménység	19
1.2.2.2. A víz kémhatása – pH-érték	21
1.2.2.3. Oldóképesség	22
1.3. Az 1. fejezetben hivatkozott irodalom	23
2. Korrózió vízellátó rendszerekben	25
2.1. A korrózió fogalma	25
2.2. A korróziót befolyásoló tényezők	25
2.2.1. A rendszerben áramló ivóvíz tulajdonságai a korrózió szempontjából	26
2.2.2. A rendszert alkotó anyagok tulajdonságai a korrózió szempontjából	26
2.3. A korrózió megjelenési formái	29
2.4. A korróziós folyamatok fajtái	30
2.5. A használati melegvíz hálózatok károsodásával kapcsolatos tapasztalatok	32
2.6. A korrózióvédelem eszközei	38
2.7. A 2. fejezetben hivatkozott irodalom	42
3. Az emberi fogyasztásra szánt víz az épületgépészeti rendszerekben	43



3.1. Vízellátási alapfogalmak	43
A vízszolgáltatás törvényi szabályozása	
3.2. Víznyerés	46
3.2.1. Csapadékvíz	47
3.2.2. Felszíni víz	47
3.2.3. Talajvíz	48
3.2.4. Parti szűrésű vizek	49
3.2.5. Rétegvíz	50
3.2.6. Karsztvíz	52
3.3. Vízkezelési technológiák és hatásuk a vízminőségre	55
3.3.1. Szűrés	58
3.3.2. Ülepítés	60
3.3.3. Membránszűrés	60
3.3.4. Vas- és mangánmentesítés	61
3.3.5. Arzénmentesítés	62
3.3.6. Fertőtlenítés	63
3.3.6.1. Fertőtlenítés klórgázzal	64
3.3.6.2. Fertőtlenítés klórdioxiddal	66
3.3.7. Házi vízkezelő berendezések	66
3.4. A 3. fejezetben hivatkozott irodalom	70
4. Legionella baktériumok a vízellátó rendszerben	73
4.1. A Legionella fertőzések felismerésének története, hatásuk az épületgépészetre	73
4.2. A <i>Legionella</i> baktériumok tulajdonságai és az általuk okozott betegségek	74
4.3. A <i>Legionella</i> fertőzések mechanizmusa, az épületgépészeti rendszerek szerepe a fertőzés kialakulásában	77
4.4. A biofilm szerepe	78
4.5. Védekezés az ivó- és használati melegvíz rendszerekben	81
4.6. A 49/2015. (XI. 6.) EMMI rendelet a Legionella által okozott fertőzési kockázatot jelentő közegekre, illetve létesítményekre vonatkozó közegészségügyi előírásokról [4/2]	85
4.7. A 4. fejezetben hivatkozott irodalom	93
5. Tervezési-kialakítási követelmények, helyes műszaki megoldások	94



5.1. A szabványokban rögzített kialakítási követelmények	94
5.1.1. MSZ-04-132:1991 szabvány	94
5.1.2. MSZ EN 806 jelzetű szabványsorozat	95
5.2. A tervezés alapvető szempontjai és folyamata	96
5.2.1. Szükséges vízmennyiség – mértékadó terhelés	97
5.2.2. Elvart vízminőség – egészen a mértékadó csapolóig	99
5.2.2.1. Tervezési eszközök a hálózati ivóvíz minőségének befolyásolására	99
5.2.2.2. A kivitelezés hatása a vízminőségre	106
5.2.2.3. Az üzemeltetés hatása a vízminőségre	107
5.2.3. Víznyomás a vezetékben és a csapolóknál	110
5.3. A hidraulikai paraméterek hatása a vízminőségre	111
5.4. Víztakarékosság	112
5.5. Helyes műszaki megoldások – példák	114
5.6. Az 5. fejezetben hivatkozott irodalom	123

Mellékletek

Ábrajegyzék

A táblázatok jegyzéke



A pályamű szerzői:

- | | |
|--|-----------------------------------|
| 1. Az emberi fogyasztásra szánt víz – ivóvíz – jellemzői | Eördöghné Dr. Miklós Mária |
| 2. Korrózió vízellátó rendszerekben | Dr. Barna Lajos, dr. Balla József |
| 3. Az emberi fogyasztásra szánt víz az épületgépészeti rendszerekben | Dr. Szánthó Zoltán |
| 3.3.7. Házi vízkezelő berendezések | Eördöghné Dr. Miklós Mária |
| 4. Legionella baktériumok a vízellátó rendszerben | Dr. Szánthó Zoltán |
| 5. Tervezési-kialakítási követelmények, helyes műszaki megoldások | |
| 5.1.1. – 5.1.2. | Dr. Barna Lajos |
| 5.2 – 5.4 | Eördöghné Dr. Miklós Mária |
| 5.5. Helyes műszaki megoldások 1. példa | Eördöghné Dr. Miklós Mária |
| 2. – 4. példa | Dr. Szánthó Zoltán |



Bevezetés

A biztonságos ivóvíz ellátás mára az európai és hazai irányelvek, rendeletek, szabványok egyik kiemelt témájává vált, amit a vízellátó rendszerek tervezésekor, létesítésekor figyelembe kell venni. Az elmúlt két évtizedben mind a vízfogyasztás trendjében, mind az ivóvízhálózat kialakításhoz felhasznált csőanyagok, szerelvények területén jelentős változások mentek végbe. Ez a megváltozott rendeleti és fogyasztói háttér indokoltá teszi az ivóvíz ellátó rendszerek létesítése során új szemlélet, új módszerek alkalmazását.

A megváltozott rendeleti háttér és szemlélet új követelményeket állítanak az alkalmazó szakemberekkel szemben. A korszerű anyagok és szerelvények felhasználásához, rendszerbe illesztésükhöz speciális ismeretekre van szükség. Ezt támasztják alá a vízellátó épületgépészeti rendszerekben jelentkező korróziós károk, amelyek döntően az ismerethiányból származó hibás alkalmazásra vezethetők vissza.

Az ivóvízzel szemben támasztott higiéniai követelmények kielégítése eddig elsősorban a vízi közművek üzemeltetőinek feladata volt. A legionella fertőzések körülményei ezt a helyzetet megváltoztatták: a hatásos védekezés érdekében az ivóvíz szállítását végző hálózatot tervező, kivitelező és üzemeltető épületgépész szakembernek is vannak feladatai, illetve a legújabb jogszabályi rendelkezések következtében kötelezettségei is.

Pályaművünk célja, hogy bemutassuk az emberi fogyasztásra szánt víz mikrobiológiai jellemzőit, az ivóvíz rendszerekben fellépő korróziós jelenségek hátterét, valamint az egészséges ivóvíz biztosításának alapjait és eszközeit a vízellátó rendszerekben. Ezt követően összefoglaljuk a vízellátó rendszerek tervezésének szempontjait, példákkal alátámasztva azokat a tervezési és kialakítási követelményeket, amelyek szükségesek a biztonságos ivóvíz ellátás megteremtéséhez.



A pályamű vezetői összefoglalója

Az ivóvízzel szemben támasztott higiéniai követelmények kielégítése eddig elsősorban a vízi közművek üzemeltetőinek feladata volt. A megváltozott rendeleti háttér és szemlélet új követelményeket állítanak a tervezőkkel, kivitelezőkkel és üzemeltetőkkel szemben. Az utóbbi időben többször előfordult legionella fertőzések körülményei is alátámasztják, hogy a hatásos védekezés érdekében az ivóvíz szállítását végző hálózatot tervező, kivitelező és üzemeltető épületgépész szakembernek is vannak feladatai, illetve a legújabb jogszabályi rendelkezések következtében kötelezettségei is. Másrészt a korszerű anyagok és szerelvények felhasználásához, rendszerbe illesztésükhöz speciális ismeretekre van szükség. Ezt támasztják alá a vízellátó épületgépészeti rendszerekben jelentkező korróziós károk, amelyek döntően az ismerethiányból származó hibás alkalmazásra vezethetők vissza.

Az ivóvíz nélkülözhetetlen az emberi szervezet számára, ezért élelmiszerként kell tekintenünk rá az ivóvíz-szolgáltatás teljes folyamata során. A megfelelő minőség elérése érdekében fizikai, kémiai, biológiai, radiológiai és mikrobiológia vizsgálatokkal kell minősíteni a vizet. Pályaművünk első fejezetében összefoglaljuk azokat a mikrobiológiai és fizikai-kémiai jellemzőket, amelyeket vizsgálni és betartani kell annak érdekében, hogy a fogyasztónál a megfelelő minőségű ivóvíz álljon rendelkezésre. Bemutatjuk a vonatkozó irányelvben és rendeletben megadott határértékeket.

A vízellátó rendszerekben bekövetkezett korróziós jelenségek és károk indokolják, hogy részletesen foglalkozunk a korróziót előidéző tényezőkkel, bemutassuk a korrózió megjelenési formáit és a korróziós folyamatok létrejöttének feltételeit. A használati melegvizes rendszerekben tapasztalt korróziós jelenségek elkerülése érdekében elemezzük és példákon bemutatjuk ezek meghatározó tényezőit. A tapasztalatokra alapozva összefoglaljuk azokat a szempontokat, eszközöket, amelyeket figyelembe kell venni a hideg- és melegvíz hálózatok tervezésekor és kialakításakor.

A csapolóhelyen előírt minőségű ivóvíz többféle forrásból származhat, ezért a vízszolgáltatásra vonatkozó törvények, rendeletek megállapításainak összefoglalása után bemutatjuk a vízszolgáltatás teljes folyamatát, a vízigények kielégítésének forrásait és ezek jellemzőit a vízminőség szempontjából. Áttekintjük a víz közműben alkalmazott vízkezelési



technológiákat és kitérünk a háztartási vízkezelő berendezések jellemző kialakítására, tulajdonságaira.

Az ivóvíz rendszerekben jelentkező egyik gyorsan terjedő fertőző forrást a Legionella baktériumok jelentik. Ez indokolja, hogy pályaművünkben kiemelten foglalkozunk Legionella baktériumok tulajdonságaival, a fertőzés eredetével, megjelenésével az épületgépészeti rendszerben, valamint a védekezés alapelveivel és módszereivel. Lényeges a fertőző kockázat becslése és a különböző kockázati szintekhez tartozó intézkedések ismerete, ezért a vonatkozó rendelet és Módszertani levél alapján ezeket bemutatjuk.

Pályaművünk 5. fejezetében a gyakorló tervezők, szakértők számára összefoglaljuk a tervezési-kialakítási követelményeket és példákkal szemléltetjük a helyes műszaki megoldásokat. A vonatkozó európai irányelvre és a szabványokra alapozva bemutatjuk a tervezés alapvető szempontjait: a megváltozott vízigények hatását, a megfelelő átöblítés biztosításának tervezői eszközeit, a csőanyag megválasztásának szempontjait, a vezetékelrendezési módok értékelését, a szükséges vízhőmérsékleteket, kiemelve a hőszigetelés kérdését. Foglalkozunk a kivitelezés és az üzemeltetés hatásával a vízminőségre. Végezetül 4 olyan példát mutatunk be, amelyek a helyes műszaki megoldásokat szemléltetik, a mintavételi helyek kialakítása, a használati melegvíz tárolók alkalmazása, a vízmérés és a nyomásveszteség szempontjából.



1. Az emberi fogyasztásra szánt víz – ivóvíz - jellemzői

Az ivóvíz nélkülözhetetlen tápenergia az emberi szervezet számára, élelmiszerként kell tekintenünk rá az ivóvíz-szolgáltatás teljes folyamata során. A víz, mint kiváló oldószer, a természetben tett körforgása során magába old minden vízzel oldható anyagból, amivel érintkezésbe kerül, így különféle oldott állapotú molekulákat, ionokat, gázt tartalmaz. A természetből meríthető ivóvízforrások nagyobb része ezért emberi fogyasztásra nem felel meg közvetlenül, vízkezelési technológiák alkalmazása nélkül. A szükséges vízkezelési eljárások megválasztásánál a nyersvíz összetétele meghatározó. A természetes víz minőségét általában leíró mutatószám nem definiálható, mindig valamilyen felhasználási célra megfelelő vízminőségről beszélhetünk. Az ivóvíz értékelése során fizikai, kémiai, biológiai, radiológiai és mikrobiológiai vizsgálatokkal kell minősíteni a vizet, ilyen értelmű paramétereknek, határértékeknek kell megfelelnie a technológiai folyamat végén (lásd 1. és 2. táblázat). Az ivásra alkalmassá tett vizet az ellátó rendszer további szakaszain is védeni kell a minőségromlástól, emiatt az alkalmazható csőanyagokra, szerelvényekre vonatkozó követelményeket rendeletek határozzák meg.

Az ivóvíz minőségével szembeni elvárások:

- | | |
|-----------------|---|
| legyen | – színtelen, |
| | – szagtalan, |
| | – kellemes ízű, |
| | – kellemes hőmérsékletű: 8 – 12 °C, |
| ne tartalmazzon | – kórokozó mikroorganizmusokat, |
| | – mérgező anyagokat, |
| | – lebegőanyagot/egyéb zavarosságot okozó anyagot, |
| | – kellemetlen szagot/ízét okozó anyagot, |
| ne legyen | – magas a sótartalma, |
| | – magas a szerves anyag tartalma. |



1.1. Az ivóvíz mikrobiológiai jellemzői

Az ivóvíz minőségi követelményeit szabványok, rendeletek határozzák meg. Korábban az MSZ 450-1/2/3 szabványok [1/1] tartalmazták a határértékeket, ezek a szabványok azonban az európai jogharmonizáció során megalkotott 98/83/EC irányelv [1/2] alapján kidolgozott 201/2001. (XI. 25.) Kormányrendelet [1/3] hatályba lépésével érvényüket veszítették. Az új, jelenleg hatályos rendelet a korábbihoz viszonyítva változásokat is tartalmaz egyes szennyezőanyagokra vonatkozóan, és ezek a vízkezelési technológiák, csőanyagok alkalmazhatóságában is módosításokat tettek szükségessé. Az 1., a 2. és a 3. táblázatok a három fent említett rendelet határértékeinek összehasonlítását tartalmazzák, kiemelve azt a tényt, hogy az MSZ 450 szabvány már nem hatályos.

1. táblázat. Az ivóvíz mikrobiológiai jellemzőire vonatkozó határértékek

Vízminőségi jellemző	Határértékek az egyes szabályozások szerint		
	MSZ 450-3:1991 (hatályon kívül)	98/83/EK irányelv	201/2001. Korm. rendelet
	Klórozott vezetékes ivóvízre		
Escherichia coli (E.coli)	0/100 ml	0/100 ml	0/100 ml
Enterococcusok	0/100 ml	0/100 ml	0/100 ml
	Tartályban/palackban forgalmazott ivóvízre		
Escherichia coli (E.coli)	0/100 ml	0/250 ml	0/250 ml
Enterococcusok	0/100 ml	0/250 ml	0/250 ml
Pseudomonas aeruginosa	0/100 ml	0/250 ml	0/250 ml
Telepszám 22 °C-on	100/ml	100/ml	100/ml
Telepszám 37 °C-on	20/ml	20/ml	20/ml

A 2. és 3. táblázatban a pirossal kiemelt határértékek a korábbi szabályozással összehasonlítva szigorodtak, a zölddel kiemelt határértékek enyhébbek lettek.



2. táblázat. Az ivóvíz kémiai jellemzőire vonatkozó határértékek

Vízminőségi jellemző	Mértékegység	Határértékek az egyes szabályozások szerint			
		MSZ 450-1:1989		98/83/EK irányelv	201/2001. Korm. rendelet
		megfelelő	tűrhető		
Akrilamid	µg/l	–		0,1	0,1
Antimon	µg/l	–		5	5
Arzén	µg/l	50		10	10
Benzol	µg/l	10		1	1
Benzol(a)pirén	µg/l	0,01		0,01	0,01
Bór	µg/l	1	5	1	1
Bromát	µg/l	–		10	10
Kadmium	µg/l	5		5	5
Króm	µg/l	50		50	50
Réz	mg/l	0,2	1	2	2
Cianid	µg/l	100		50	50
1,2-diklóretán	µg/l	–		3	3
Epiklórhidrin	µg/l	–		0,1	0,1
Fluorid	mg/l	min. 0,9, max. 1,5	1,7	1,5	1,5
Ólom	mg/l	50		10	10
Higany	µg/l	1		1	1
Nikkel	µg/l	–		20	20
Nitrát	mg/l	20	40	50	50
Nitrit	mg/l	0,5	1	0,5	0,5
Peszticidek	µg/l	16 peszticid-típus, külön-külön <0,1 mg/l		0,1	0,1
Összes peszticid	µg/l	–		0,5	0,5
Policiklikus aromás szénhidrogének	µg/l	–		0,1	0,1
Szelén	µg/l	10		10	10
Tetraklór-etilén, triklór-etilén együtt	µg/l	Triklór-etilén	10	10	10
		Tetraklór-etilén	10		
Trihalometánok össz.	µg/l	30 (csak kloroform)		100	50
Vinilklorid	µg/l	–		0,5	0,5
Cisz-1,2-diklór etilén	µg/l	–		–	50
Klorit	mg/l	–		–	0,2
Kötött aktív klór	mg/l	a hatásos fertőtlenítéshez szükséges min. mennyiség		–	3



3. táblázat. Indikátor vízminőség jellemzők

Vízminőségi jellemző	Mértékegység	Határértékek az egyes szabályozások szerint			
		MSZ 450-1:1989, MSZ-450-3:1991		98/83/EK irányelv	201/2001. Korm. rend.
		megfelelő	tűrhető		
Alumínium	µg/l	100	200	200	200
Ammónium	mg/l	1	2	0,5	0,5
Klorid	mg/l	250	350	250	250
Clostridium perfringens	/100 ml	0/50 ml		0	0
Szín	-	1 hígítási szám	3 hígítási szám	A fogyasztó számára elfogadható és nincs szokatlan változás	
Vezetőképesség 20 °C-on	µS/cm	1350	1600	2500	2500
pH	-	min. 7,0, max. 8,0	min. 6,8, max. 8,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5
Vas	mg/l	200	300	200	200
Mangán	mg/l	100		50	50
Szag	-	1 hígítási szám	3 hígítási szám	A fogyasztó számára elfogadható és nincs szokatlan változás	
Permanganát index KOIps	mg/l	6	10	5	5
Szulfát	mg/l	200	300	250	250
Nátrium	mg/l	200		200	200
Íz	-	1 hígítási szám	3 hígítási szám	A fogyasztó számára elfogadható és nincs szokatlan változás	
Telepszám 22 °C-on	/ml	100		Nincs szokatlan változás	
Telepszám 37 °C-on	/ml	20		-	
Coliform baktériumok	/100 ml	0		1	0
Pseudomonas aeruginosa	/100 ml	0		-	0
Összes szerves szén (TOC)	mg/l	-		Nincs szokatlan változás	
Zavarosság	-	1 NTU	2 NTU	A fogyasztó számára elfogadható és nincs szokatlan változás	
Keménység	CaO mg/l	50÷250	50÷350	-	min.50, max. 350
Fenolok	mg/l	2	20	-	20
Olajszármazékok	mg/l	10	100	-	50



Az ivóvíz minősítésű víz paramétereinek teljesítenie kell az 1. és 2. táblázat szerinti, a mikrobiológiai és kémiai szennyezőanyag-tartalom határértékre vonatkozó előírásokat¹.

A Kormányrendelet további határértékeket is előír:

- indikátor vízminőségi jellemzőket (I.), ld. 3. táblázat
- szennyezésjelző vízminőségi jellemzőket és határértékeket karszt-, talaj- és parti szűrészű vízbázisok esetére (II.),
- mikroszkópos biológiai vízminőségi jellemzőket és parametrikus értékeket (III).

Az indikátor vízminőségi jellemzők az egészséget nem károsító komponensek, amelyek határértékének a túllépése az emberi egészséget nem veszélyeztet. Mérésük elsősorban a vízszolgáltató üzemének, működésének ellenőrzését szolgálja. Amennyiben a víz a mikrobiológiai és kémiai szennyezőanyag-tartalom határérték szempontjából megfelel, azonban a további, I., II. vagy III. pont szerint előírt valamely parametrikus értéknek² nem felel meg, akkor kifogásolt minőségű ivóvíznek kell tekinteni, fogyasztásának korlátozására azonban nincs szükség, mivel egészségkárosító hatás nem lép fel.

1.2. Az ivóvíz fizikai-kémiai jellemzői

Mivel a víz alapvető tápanyagunk, fontos, hogy határérték feletti mennyiségben ne tartalmazzon egészségünkre veszélyes anyagokat. Emellett ugyanilyen fontosságú az is, hogy azokat a vízben oldott ásványi anyagokat, nyomelemeket, amikre az emberi szervezetnek szüksége van, ne vonjuk ki az ivóvízből, esetlegesen a túlzott mértékű szűréssel. Néhány vízben oldott kémiai összetevőt és ezek hatását az emberi szervezetre foglalja össze a következő rövid fejezet [1/4].

¹ A 201/2001. Kormányrendelet ivóvíz-minőségre vonatkozó egyéb előírásai mellett.

² A parametrikus érték értelmezése: az ivóvízben jelen lévő kémiai, biológiai és radioaktív anyagok, valamint fizikai jellemzők értéke, amely felett vizsgálni szükséges, hogy a kémiai, biológiai és radioaktív anyagoknak, valamint fizikai jellemzőknek az ivóvízben való jelenléte beavatkozást igénylő kockázatot jelent-e az emberi egészségre nézve, és szükség esetén korrekciós intézkedéseket kell tenni annak érdekében, hogy a víz minősége olyan mértékben javuljon, hogy megfeleljen az emberi egészség védelmére vonatkozó követelményeknek.



A makroelemek az emberi test tömegének kevesebb, mint 0,005%-át teszik ki, a mikroelemek (más néven nyomelemek) még kisebb mennyiségben jelennek meg szervezetünkben. Egyes vitaminokkal ellentétben ezen elemek szintézisére a testünk nem képes, így felvételük kizárólag táplálékkal – aminek az ivóvíz is fontos részét képezi – történhet. 18 ÷ 26 azoknak az elemeknek a száma, amelyek az emberi szervezet számára nélkülözhetetlenek, valamely létfontosságú folyamathoz (enzim- és hormontermelés, zavartalan anyagcsere, szövetek megújítása stb.) szükségesek, illetve élettanilag kedvező hatásúak. Határértéken felüli fogyasztásuk mérgező.

1.2.1. Ásványi anyag tartalom

Kalcium

Kalciumra minden élő szervezetnek nagy mennyiségben van szüksége a csontszövet építéshez, fogzománc képzéshez, valamint a vér és a szövetek számára. Ezeket a funkciókat kalcium-vegyületek formájában tölti be. Ionként az idegrendszer ingerületi állapotára van hatással, hiánya görcsöt okoz.

Az ember napi kalcium szükséglete 0,5 – 0,8 g, terhes és szoptató anyáknál 1,0 – 1,2 g. Fő forrásai lehetnek a tejtermékek, zöldségfélék, ivóvíz.

Magnézium

A magnézium nélkülözhetetlen a szénhidrát-anyagcseréhez szükséges foszfátáz és a karbixiláz enzimek termelődéséhez. A vérben ugyancsak megtalálható, és mennyiségének növelése csökkenti az ingerlékenységet. Az emberi szervezeten kívül a zöld növényekben a klorofillnak is nélkülözhetetlen alkotórésze.

Az ember napi magnéziumszükséglete mintegy 0,3 g.

Vas

Az emberi szervezet vastartalma (4 – 5 g) és vasszükséglete csekély, mégis a legfontosabb szervetlen alkotórészek közé tartozik. Létfontosságú anyagok – hemoglobin, mioglobin, citokrómok, peroxidáz és kataláz enzimek stb. – felépítésében vesz részt. A szervezet a szervetlen és szerves vasvegyületeket egyaránt tudja hasznosítani. A szervetlen ionokként felszívódott vas a májban, a lépben és a vékonybél falában alakul át szerves vegyületek alkotórészévé.



A szervezet napi vas igénye 10 – 20 mg.

Mangán

Az emberi szervezet 10 – 40 mg mangánt tartalmaz. A szükségletet – 2-48 mg/nap – a bevitt táplálék általában fedezi.

Nátrium és kálium

Az élő szervezetekben a nátrium és a kálium aránya a munkavégzéstől és a biológiai állapottól függően változik. Mindkettő fontos szerepet tölt be a szervezet puffer rendszereinek kialakításában. A kálium a sejtek ozmotikus nyomását szabályozza, a sejtek ingerlékenységében vesz részt, valamint a légzési láncban is szerepe van.

Az emberi szervezet napi nátrium szükséglete 3 – 10 g, káliumszükséglete pedig 3 – 5 g.

Fluor

A fluor kis mennyiségben található meg az emberi szervezetben, elsősorban a csontokban és a fogakban. Hiánya fognövekedési és csontképződési zavarokat okoz. Túlzott bevitele fluorózist idéz elő, ami fokozott csontképződésben, a normálnál tömöttebb, de kevésbé rugalmas és így törékenyebb csontok kialakulásában mutatkozik meg.

A szervezet fluorszükségletét (0,5 – 1,5 mg/nap) az ivóvíz fedezi.

Klór

A gyomornedv sósavképzésében, továbbá a testnedvek ozmotikus állapotának kialakításában van jelentősége. Az ivóvíz klorid tartalma bizonyos határon túl szennyező anyag. Az ivóvíz ízét rontja, 250 mg/l koncentráció felett sós ízű.

Szulfátok

A szulfát segíti a gyomorműködést, magasabb koncentráció esetén (500 – 600 mg/l felett) azonban már hashajtó hatású.

Foszfátok

Az ivóvízben a foszfátok szennyeződésre utalnak.



Réz

Az emberi szervezet réz tartalma 100 – 150 mg. A vérképzésben, a vas beépülésében van fontos szerepe. Ionos állapotában a réz a szervezet számára erős mérég.

A napi réz szükségletünk 1 – 2 mg, amely a táplálékkal fedezhető.

Cink

Az emberi szervezet cinktartalma 2 – 4 mg, az enzimekben található meg. Nagy mennyiségű cink fogyasztása az emberi szervezetre mérgező. A vízben való jelenléte ipari szennyezés eredménye lehet.

Króm

Az emberi szervezet króm tartalma 6 – 12 mg. Fontos eleme a szénhidrát- (pl. cukor-) anyagcserének. Növeli az inzulin hatékonyságát, hiánya esetén csökken a glükóz tolerancia.

Szelén

Az emberi szervezet szelén tartalma 10 – 15 mg. Antioxidáns funkciója van.

Nagyobb koncentrációban mérgező és rákkeltő hatású.

Felvétele 0,05 – 0,1 mg/nap.

Kobalt

Az emberi szervezet 1 – 2 mg kobaltot tartalmaz. A kobalt a B12-vitamin szintéziséhez elengedhetetlen, így közvetve részt vesz a vérképzésben.

A kobaltszükségletet a táplálék fedezi.

Molibdén

Az emberi szervezetben a molibdén tartalom 8 – 10 mg. Legfontosabb szerepe a máj méregtelenítő enzimjeinek aktiválása. Fontos a csontok, az inak és porcfelszínek képzéséhez is.

A táplálékkal kb. 0,3 mg/nap a bevitt mennyiség.

Nikkel

A nikkel az enzimek aktiválására van hatással, serkenti a hasnyálmirigy működését, és a cukorbetegség gyógyításában is szerepet játszik.



A táplálékkal 150 – 700 mg/nap a felvett mennyisége, ami a szükségletet fedezi.

Ólom

A vízben oldódó ólomsók mérgező vegyületek, ólomtartalmuk a szervezetben felhalmozódik és bizonyos határon felül súlyos mérgezést okoz. Akut és krónikus hatása is jelentős lehet. Akut hatásai közül ólom colica és az encephalopathia a legjelentősebb, krónikus hatása elsősorban idegrendszeri (főleg gyerekeknél), okozhat még magas vérnyomást, veseelégtelenséget, fejlődési rendellenességeket, illetve humán karcinogén károsító is lehet. Az ólomtartalom a vízben eredhet ipari, bányászati és kohászati szennyezésből, vagy régi vízvezeték anyagából történt kioldódásból.

Kadmium

A kadmium erősen mérgező, karcinogén, rövid távon a májban és a vérben, hosszú távon a vesében halmozódik fel.

A kadmium jelenlétét a vízben ipari szennyezés vagy tönkrement horganyzott csövek okozhatják.

Higany

A szerves és a szervetlen higanyok egyaránt nagyon mérgezőek. A szerves higanyvegyületek veszélyesebbek amiatt, hogy zsíroldékony tulajdonságuk miatt keresztüljutnak a sejtmembránon, a vér-agy-gáton és a méhlepényen is. Az anyatejbe is átjutnak. Sokféle károsodást, többek között komoly idegrendszeri károsodást, fejlődési rendellenességeket okozhatnak. Akut hatásuk elsősorban légzőszervi panaszokban nyilvánul meg.

1.2.1.1. Két gyakran előforduló, beavatkozást igénylő szennyeződés: ammónium és arzén

A hazai ivóvízbázisok kb. 25%-át érinti a határértéken felüli ammóniumtartalom [1/5]. Az ammónium, nitrit és nitrát a nitrogén körfolyamat részét képezik. A nitrogénformák egymás közötti átalakulása az oxigén ellátottságtól függő mikrobiológiai aktivitás következménye. Az ammónium természetes eredetű szennyeződésként a mélyebb rétegek vizeiben is nagy arányban fordul elő, téli időszakban a felszíni vizekben is megjelenhet. A természetes vizekre



jellemző ammónium-tartalom önmagában nem jelent kockázatot az egészségre, de kezelést igényel, mivel két jelentős problémát is okoz:

- rontja a klórgázzal történő fertőtlenítés hatásfokát,
- a nitrifikáció első lépésében az ammóniumból nitrit képződik, ami egészségkárosító hatású.

A rétegvíz határérték (0,5 mg/l) feletti ammóniumtartalma által okozott legnagyobb veszély tehát a tökéletlen nitrifikáció, amikor az ammónium részben vagy teljesen nitritté alakul, és a nitráttá való további átalakulás nem megy végbe. A nitrit a vér hemoglobinjával metahemoglobinná oxidálódik. Ha a hemoglobintartalom 10%-a metahemoglobin formában van jelen a szervezetben, az a szövetek oxigénhiányát idézheti elő, methemoglobinémia léphet fel, ami halálos kimenetű is lehet. Ennek a veszélynek főleg a csecsemők és kisgyermekek vannak kitéve, akiknél még nem alakult ki az a speciális enzim, ami méregtelenítés során a metahemoglobint visszaalakítja hemoglobinná.

A nitritproblémák megelőzésének ezért fontos eleme, hogy az ammónium-koncentráció az ivóvízhálózatban ne érje el a 0,2 mg/l értéket [1/6], és a vízkezelés során a teljes nitrifikáció menjen végbe, a nitritek kevésbé veszélyes – bár még beavatkozást igénylő – nitrátokká alakuljanak. Az ammónia-mentesítés módszerei a törésponti klórozás, ioncsere, membránszűrés, illetve a biológiai ammónium-ion eltávolítás intenzív levegőztetést követő többlépcsős szűréssel [1/7]. A gyakorlati tapasztalatok alapján a nitritproblémák kezelésében sok hasonló megoldás lehet eredményes, mint amelyeket a baktérium-mentesség érdekében, a legionella-szaporodás elleni védelemben alkalmaznak:

- a tartózkodási idő rövidítése a vízhálózatban,
- az áramlási sebesség növelése,
- a biofilm-képződés gátlása a csővezetékben.

A nitrát – NO_3^- – egészséges felnőttek tápcsatornájába jutva általában nem okoz megbetegedést. Csecsemők esetében, főleg a 3 hónaposnál fiatalabb korban azonban a megbetegedés valószínűsége nagyobb. A mesterségesen táplált csecsemők gyomrában a mesterséges táplálék a pH-t eltolja, a gyomor savtartalma csökken, a nitrátredukáló baktériumok elszaporodnak. Így a nitrát nitritté alakul, a nitrit a vér hemoglobinjának leadható



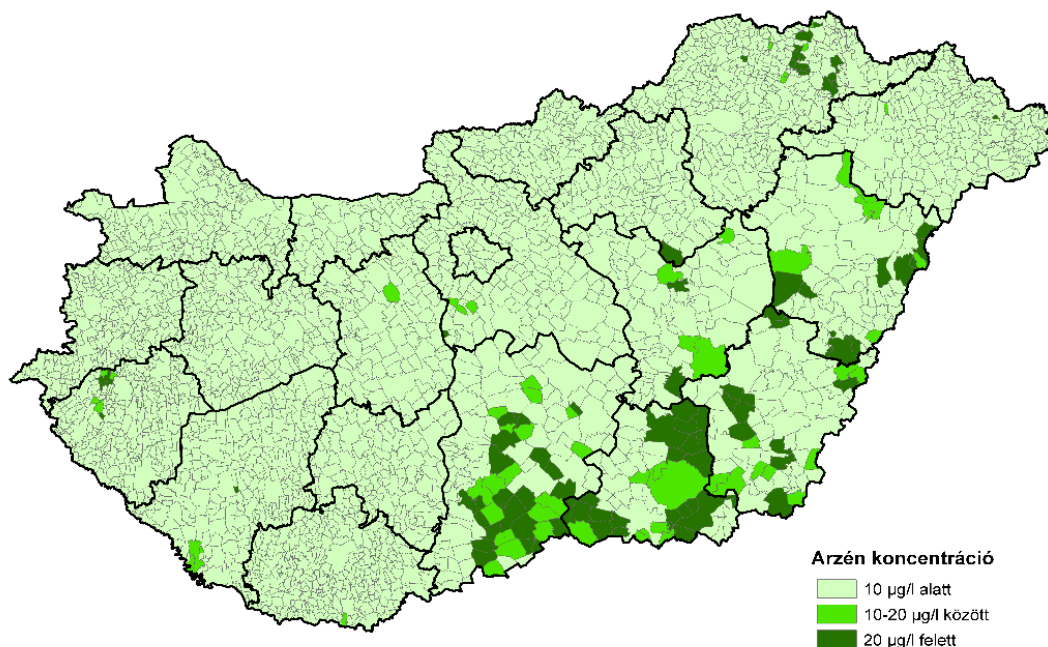
oxigénszállító képességét csökkenti, ami a gyorsan fejlődő szervezetnél hiányállapotot okoz. Emiatt az ivóvízben a nitrátok megengedett maximális koncentrációja 50 mg/l.

Magyarország ivóvízbázisainak egy része geológiai adottságainkból eredően természetes eredetű arzént tartalmaz, ami a mélységi kőzetekből származik és szervesetlen arzénvegyületek formájában jelenik meg a vízben. Az arzén megjelenését az ivóvízben okozhatja ásványok beoldódása, ipari kibocsátás, rovarirtók alkalmazása. Az arzéntartalmú víz főleg a Dél-Alföldi régióban jellemző (*1. ábra*).

Az arzén kis mennyiségben gyógyszer, nagy dózisban pedig erős mérge [1/8]. Esszenciális nyomelem szerepét eddig csak kísérleti állatokkal sikerült kimutatni. Szerves, illetve szervesetlen vegyületek alakjában található meg sok élelmiszerben és az ivóvízben. A két forma közül a szervesetlen az, ami veszélyesebb, évtizedeken át tartó bevitel esetén bőrelváltozásokat, daganatos, valamint szív- és érrendszeri megbetegedéseket okozhat, akadályozhatja a magzati fejlődést [1/9]. A táplálék összetételének változatossága és az arzén lerakódását befolyásoló élelmiszerek (zsírok, zöldségek, alkohol stb.) hatása enyhíti az arzén-túlterhelést, ezzel együtt azonban az arzént az ivóvíz egyik legaggályosabb szennyezőanyagaként kell kezelni. A szigorodott arzén-határérték betartását lehetővé tevő újabb vízkezelési technológiák több típusa éppen az arzén és az ammónium egyszerre történő kiszűrését teszi lehetővé [1/5].



Az ivóvíz arzén koncentrációja (2012., 2013. I. félév)



1. ábra. Arzén érintettségű települések 2012-ben

Forrás: <https://www.antsz.hu/data/cms51274/as.png>

1.2.2. Fizikai jellemzők

A kémiai és mikrobiológiai jellemzői mellett épületgépészeti szempontból fontos szerepe van az ivóvíz néhány fizikai-kémiai tulajdonságának is. A kiemelendő tulajdonságok:

- vízkeménység,
- hidrogénion-koncentráció (pH),
- szilárd, folyékony és gáznemű anyagokat feloldó képesség,
- oldott gáztartalom (mennyiség, összetétel),
- a víz fajhőjének speciális hőmérséklet-függése,
- a víz szilárd- és gáznemű anyag oldó képességének változása a vízhőmérséklettel,
- a víz viszkozitásának változása a vízhőmérséklettel,
- a víz mikrobiológiai táptalajként funkcionálásának változása a vízhőmérséklettel.

Ezek a fizikai tulajdonságok azért kapnak külön hangsúlyt az épületgépészetben, mert befolyásolják a vízellátás során lezajló vízkezelési folyamatokat, áramlási viszonyokat,



ülepedést, hidraulikai paramétereiket, illetve a víz mikrobiológiai jellemzőit. Példaként említhető, hogy a téli hidegben a parti szűrési kutakról működő szivattyúk vízszállítása a víz viszkozitásának megnövekedése miatt jelentősen csökkenhet. Az ivóvízbiztonság szempontjából tovább súlyozható az egyes paraméterek jelentősége, előtérbe kerülhet a vízkeménység és a pH, valamint a víz hőmérséklet.

1.2.2.1. Vízkeménység

A természetben megtalálható víz keménységét a benne oldott alkáliföldfémek (Be, Mg, Ca, Sr, Ba, R) sói okozzák. A vízkeménység gyakorlatban elterjedten használt mérőszáma a német keménységi fok – nk° –, egységnyi értéke megfelel literenként 10 mg CaO hatásának. A keménységet okozó sók mennyiségének mértékegysége az SI rendszerben a mol CaO/dm³ vagy mmol CaO/dm³, illetve mg CaO/dm³.

Magyarországon a vízbázisok túlnyomó része közepesen kemény vagy kemény, 14 nk° fölötti értékkel jellemezhető. A hazánkban elterjedt földtani rétegek hatására a víz keménységét főleg Ca- és Mg-karbonátok/hidrokarbonátok idézik elő, ezért elmondható, hogy ez a kemény víz egészséges. Az egészségmegőrző hatása mellett a víz keménységével annak élvezeti értéke is nő, bár ez szubjektív megítélés alá eshet.

A vízkeménységnek két összetevője van: a karbonát (változó) keménység (KK) és a nem karbonát (állandó) keménység (NKK). Előbbit a melegítésre kicsapódó sók okozzák (Ca-, Mg-karbonátok/hidrogén-karbonátok), ez idézi elő a vízkőkiválást. A vízkő leggyakrabban nem más, mint kalcium-, illetve magnézium-karbonát. A lejátszódó kémiai reakció a cseppkőképződés felgyorsított folyamata. A karbonát keménység a hő hatására (kb. +60 °C felett) csökken. Ekkor ugyanis a kalcium-, magnézium-hidrogén-karbonát szén-dioxid képződése közben kalcium- illetve magnézium-karbonáttá alakul:



Ez a reakció azonban fordítva is lejátszódhat: az oldott agresszív széndioxid hatására a karbonát-tartalmú kőzetek oldódhatnak a vízbe hidrogén-karbonát formájában – az egyensúlyi folyamat eredményeként beáll a mész-szénsav egyensúly. Budapesti ivóvíznél ez kb. 47 °C hőmérsékletnél alakul ki [1/14] Ha a széndioxid koncentráció csökken (pl. a hőmérséklet



növekedése miatt), akkor a karbonátok kiválnak, és a cső vagy a berendezés falán vízkő, kazánkő képződik.

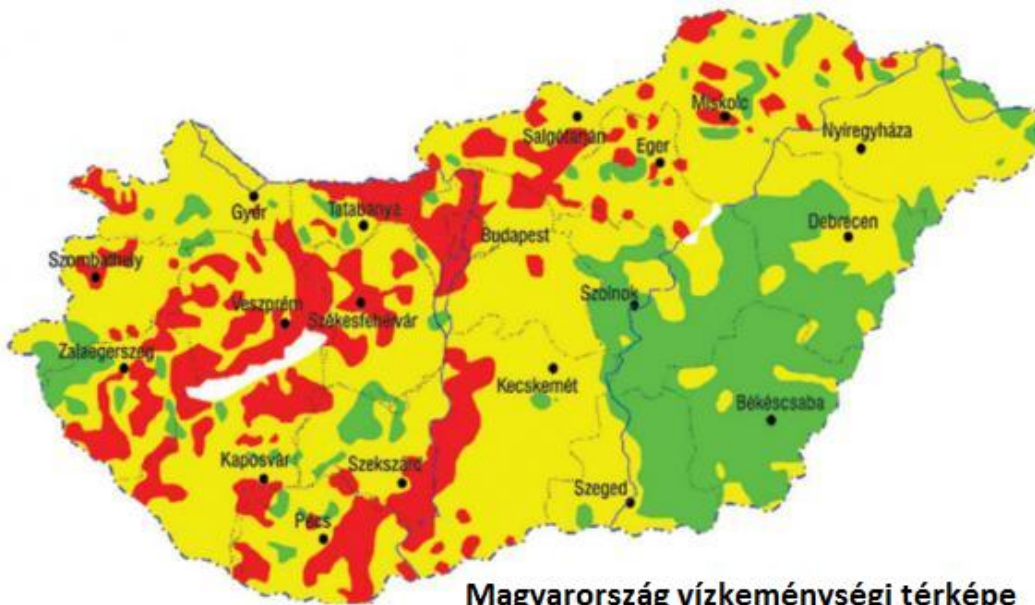
A karbonát keménységet a vízkezelésben több ponton is figyelembe kell venni, mert:

- puffereli a pH-értéket és
- értéke függ az oldott CO₂-tartalomtól.

A vízkeménység másik fajtája a nem karbonát (állandó) keménység (NKK). Nevét az indokolja, hogy melegítés hatására sem bomló sók – klór-, nitrát-, szilikátvegyületek – okozzák, így az épületgépészetben ez a keménységforma nem igényel külön beavatkozást.

A két ismertetett vízkeménységfajta összegeként definiálható az összes keménység, aminek 80%-át Magyarországon a karbonát keménység teszi ki, emiatt a természetes vizek nagy arányánál szükséges a vízlágyítás, ha a vízkőkiválást el akarjuk kerülni. A vízkőkiválásnak számos negatív hatását ismerjük, az áramlási keresztmetszet csökkenéstől kezdve a hőátadási tényező romlásáig, amelyek mellé most egy újabb szempont is felsorakozik: a vízkő porózus szerkezete sajnos ideális szaporodási feltételeket teremt a mikroorganizmusok számára, és az egyes fertőtlenítési módszerek elől is kiváló rejtékhelyet biztosít részükre.

Hazánk vízkeménységi térképét a 2. ábra mutatja.



Magyarország vízkeménységi térképe

A színek jelentése: zöld = lágy víz, sárga = középkemény víz, piros = kemény víz.

2. ábra. Magyarország vízkeménységi térképe [1/13]



1.2.2.2. A víz kémhatása – pH-érték

A vizes oldatok kémhatását az oldat hidroxónium- és hidroxidion-koncentrációjának aránya határozza meg. A savas kémhatású oldatokat a hidroxónium ionok túlsúlya jellemzi: $[H_3O^+] > [OH^-]$, míg a lúgos kémhatású oldatban hidroxidionból van több: $[H_3O^+] < [OH^-]$. A semleges kémhatású oldatokban, tiszta vízben mennyiségük egyforma

$$[H_3O^+] = [OH^-] = 10^{-7} \text{ mol/dm}^3 \text{ (25 °C-on).}$$

A számításokhoz célszerűbb számértékek elérése céljából vezették be a pH-érték fogalmát, ami az 1 liter vízben levő hidroxónium-ion koncentráció tízes alapú logaritmusának mínusz egyszerese:

$$\text{pH} = -\lg [H_3O^+].$$

Ebből következik, hogy

- a semleges jellegű víz pH értéke $\text{pH} = 7$,
- a savas tartományban több a hidroxónium-ionok száma, ezért $\text{pH} < 7$,
- a lúgos tartományban több a hidroxidionok száma, ezért $\text{pH} > 7$.

A víz pH-jának megközelítőleg a semleges értéken tartása fontos a víztisztítás folyamatainak tervszerű lefolyása érdekében [1/10]. A kémiai és mikrobiológiai folyamatok többsége megfelelő sebességgel és intenzitással csak szűk pH-intervallumban játszódik le. Ha a kezelendő víz pH értéke nincs az optimálisnak tekinthető intervallumban, akkor savas vagy lúgos anyag adagolásával meg kell változtatni a rendszer pH-értékét. Ha a vízkezelési folyamat során a víz pH értéke átlépi az optimális tartomány alsó vagy felső határát, akkor célszerű a pufferkapacitást, azaz a víz pH érték stabilizáló képességét is növelni. A hazai felszíni és felszínalatti vízbázisokra általában a viszonylag magas hidrogén-karbonát ion koncentráció jellemző, ami többnyire elegendő ahhoz, hogy az aktuális pH érték csak szűk tartományon belül változzon. Előfordulhat azonban, hogy a nyersvíz pufferkapacitását vegyszer adagolásával növelni kell.

A csapolóhelyen vételezett víz pH-értékének előírt tartománya $6,5 \div 9,5$.

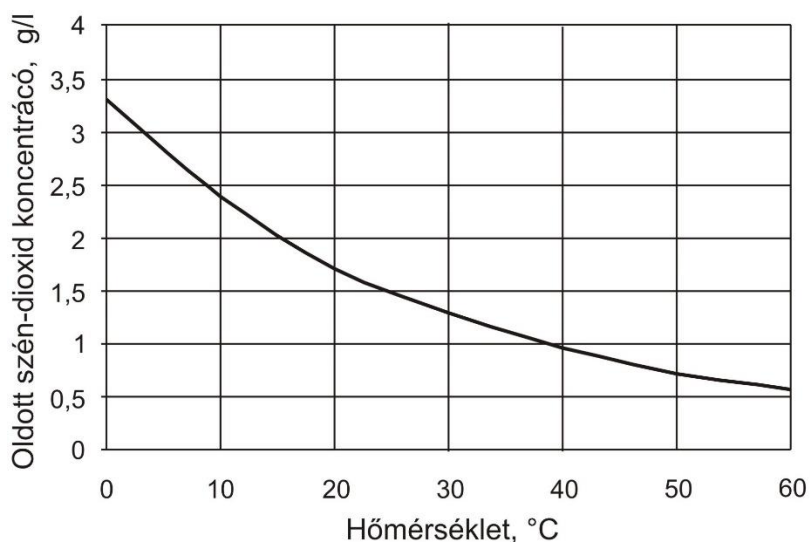
1.2.2.3. Oldóképesség

A víz jól oldja a gázokat. Az oldhatóság mértéke a hőmérséklettől és a gáz parciális nyomásától függ. Az előzőekben említett a mész-szénsav egyensúly szempontjából az oldott

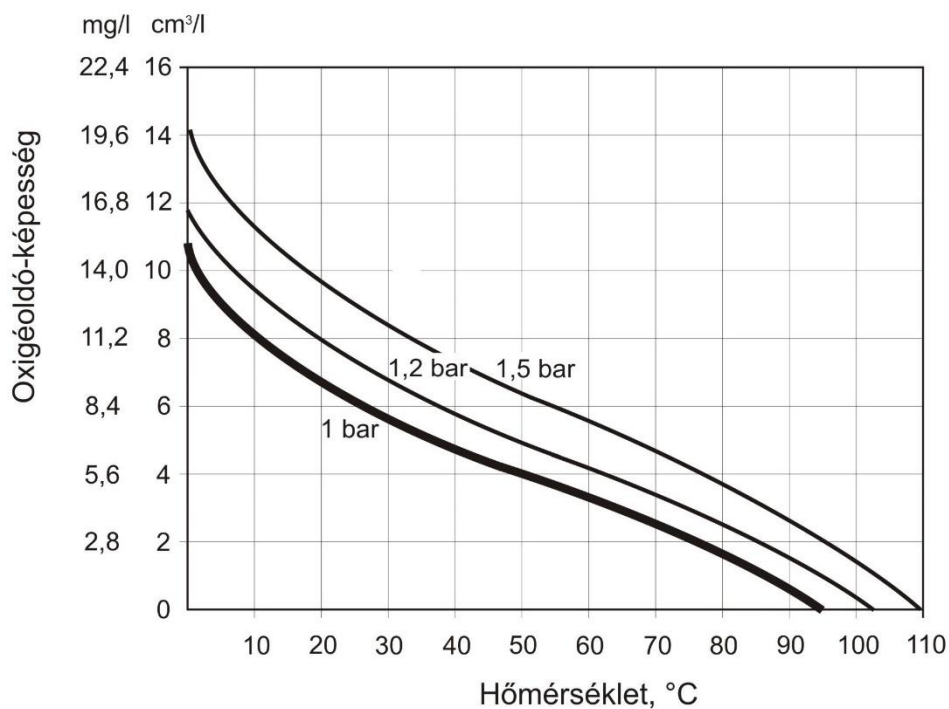


szén-dioxid tartalom, a korrózió szempontjából pedig az oldott oxigéntartalom fontos. Az oldott gáztartalom mindkét esetben a hőmérséklet függvénye.

Az szén-dioxid-oldóképességet a 3. ábra szemlélteti, az oldott oxigéntartalom változását a vízhőmérséklet függvényében a 4. ábra mutatja.



3. ábra. A víz szén-dioxid-oldóképessége a hőmérséklet függvényében [1/11] alapján



4. ábra. A víz oxigénoldó-képessége a hőmérséklet függvényében [1/12] alapján



1.3. Az 1. fejezetben hivatkozott irodalom

- [1/1] MSZ 450-1:1989 Ivóvíz. Minősítés fizikai és kémiai vizsgálat alapján
Visszavonva: 2003.11.01
MSZ 450-2:1991 Ivóvíz. Minősítés mikroszkopikus biológiai vizsgálat alapján
Visszavonva: 2003.11.01
MSZ 450-3:1990 Ivóvíz. Minősítés mikrobiológiai vizsgálat alapján
Visszavonva: 2008.10.01
- [1/2] A Tanács 98/83/EK Irányelve (1998. november 3.) az emberi fogyasztásra szánt víz minőségéről. Módosítás: Az Európai Parlament és a Tanács 1882/2003/EK rendelete (2003. szeptember 29.)
- [1/3] 201/2001. (XI. 25.) Kormányrendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről
- [1/4] ANTSZ, https://www.antsz.hu/data/cms52115/Ivovizminoseg_2012_honlapra_20140404.pdf
- [1/5] Licskó István – Laky Dóra: Arzén és ammónium együttes eltávolítása ivóvízből. ARSENICPLATFORM kutatási beszámoló, 2013
- [1/6] Rácskai András – Baki Berta: Mit tehetünk a nitrit gondok megoldására a vízellátási gyakorlatban? Magyar Hidrológiai Társaság Konferenciaközlöny, 2010
- [1/7] Takács János: Ammónia tartalmú ipari szennyvíz kezelése – Tanulmány. Miskolci Egyetem Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet, 2010.
- [1/8] Győrfi Pál: Tények és tévhitek az ivóvíz arzéntartalmáról és annak egészségügyi hatásáról. Magyar Víziközmű Szövetség Szakmai fórum beszámoló, 2012. november
- [1/9] Dura Gyula - Kádár Mihály - Rudnai Péter: Az arzén tartalmú ivóvíz fogyasztásának egészségkockázata. Országos Környezetegészségügyi Intézet, Budapest, 2011.
- [1/10] Korponai János: Víz tisztítás (Jegyzet). BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, 2007.
- [1/11] Mörbe, K. – Morenz, W. – Pohlmann, H. W. – Werner, H.: Korrózióvédelem az épületgépészeti gyakorlatban. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986.
- [1/12] Völgyes I. szerk.: Vízellátási és csatornázási adatok., Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986.



[1/13] http://www.maviz.org/fogyasztoi_informaciok/vizkemenyseg_magyarorszagon

[1/14] Civin Vilmos: A mész-szénsav egyensúly néhány kérdése. Energia és atomtechnika, 37 (9) 385-389, 37 (10) 464-466 (1984), 38 (1) 12-17 (1985)



2. Korrózió vízellátó rendszerekben

2.1. A korrózió fogalma

A használati hideg- és melegvíz ellátó rendszerekre jellemző, hogy ezekben egyrészt olyan közeg áramlik, amely fizikai és kémiai tulajdonságai miatt korróziót okozhat, másrészt a rendszereket sokszor különböző, eltérő korróziós viselkedésű anyagból alakítják ki. A kialakuló korróziós folyamat egyrészt a berendezés károsodását okozza, másrészt viszont a keletkező lerakódások vízhygiéniai kockázattal járnak.

Mi a korrózió fogalma?

[2/5] szerint „Korróziónak nevezzük valamely szerkezeti anyag (fém, műanyag, beton) felületéről a környezettel való érintkezés hatására kiinduló, számunkra kedvezőtlen elváltozást.”

2.2. A korróziót befolyásoló tényezők

A vízellátó és tároló rendszerekben kialakuló korróziót a [2/1] szabvány szerint a következő tényezők befolyásolják:

- a rendszerben áramló közeg – ami esetünkben hideg vagy melegített ivóvíz – tulajdonságai, kiemelten
 - a fizikai tulajdonságok közül az oldóképesség,
 - a kémiai tulajdonságok: a pH-érték és a keménység,
 - a vízben lévő szilárd részecskék,
- a rendszert alkotó anyagok tulajdonságai, mint
 - a kémiai összetétel,
 - a mikroszerkezet,
 - az elektrokémiai potenciál,
- a tervezés, az üzembe helyezés, a nyomáspróba és az üzemeltetés jellemzői, ahol kiemeljük
 - a többféle fém összeépítésének a kérdését,
 - az üzemi hőmérsékletet és a hőmérséklet változását,
 - az áramlási körülményeket és
 - a fertőtlenítést.



2.2.1. A rendszerben áramló ivóvíz tulajdonságai a korrózió szempontjából

Oldóképesség

Amint az 1. fejezetben bemutattuk, a víz kiválóan oldja a gázokat. Az oldhatóság mértéke a hőmérséklettől és a gáz parciális nyomásától függ.

A korróziós folyamatok szempontjából elsősorban az oldott oxigéntartalom érdemel figyelmet.

pH-érték

A víz savas vagy lúgos jellege a korróziós folyamatok szempontjából ugyancsak nagy fontosságú. Meghatározása és előírt tartománya ugyancsak az 1. fejezetben található meg.

A víz keménysége

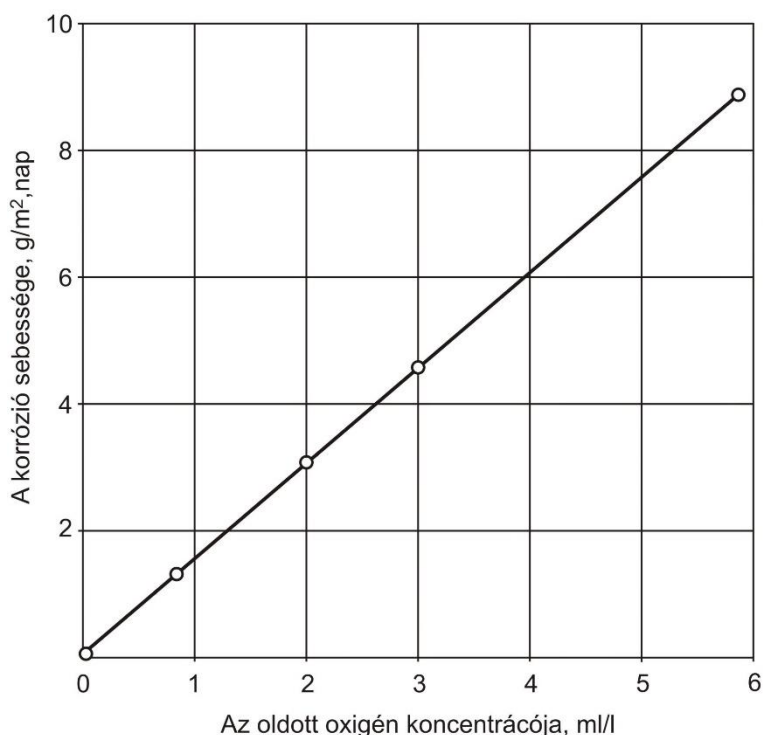
A víz keménysége elsősorban a lerakódások keletkezése szempontjából fontos. A kalcium- és magnézium-karbonátok keletkezésének mechanizmusa és a vízkeménységgel kapcsolatos legfontosabb tudnivalók ugyancsak az 1. fejezetben olvashatók.

2.2.2. A rendszert alkotó anyagok tulajdonságai a korrózió szempontjából

A fém anyagok közül elsősorban az ötvöztelen acél és a réz tulajdonságai érdemelnek figyelmet.

Az ötvöztelen és kismértékben ötvözött acélra jellemző, hogy oxigéntartalmú vízben korrózió-érzékeny, védőréteg nem alakul ki, míg oxigént nem tartalmazó vízzel érintkezve csekély, elhanyagolható mértékű korrózió jön létre. A korrózió sebességét a víz oxigéntartalmának a függvényében [2/3] alapján az 5. ábra mutatja.

A vízben lévő szén-dioxid is korróziót okoz a keletkező szénsav miatt.



5. ábra. Ötvözetlen acél korróziója az oxigénkoncentráció függvényében [2/3]

Mivel az ivóvízben – a hőmérsékletétől függően – több-kevesebb oldott oxigén van jelen, az ötvözetlen, fekete acélcső korrózióvédelmét a gyakorlatban tűzihorganyzással (Zn bevonás), a tárolók, tartályok védelmét bevonattal (pl. zománcbevonattal) oldják meg.

A *tűzihorganyzott acél* csövek korróziója (részletesebben lásd [2/3]) hidegvíz esetében oxigénkorróziós folyamat. Az egyenletes korrózió mellett leginkább lyukkorrózió jön létre, amelynek kialakulását leginkább az alábbiak befolyásolják:

- a csövek horganyzásának és megmunkálásának a minősége,
- a víz minősége és
- az üzemi körülmények, illetve feltételek.

A horganyzott melegvíz vezetékekben a korrózió sebességét leginkább a hőmérséklet befolyásolja: lényegesen nagyobb, mint hidegvíz esetében. Fontos jelenség az ún. potenciál-váltás, amely szerint 60 °C feletti hőmérsékleteknél az ötvözetlen acéllal szemben kisebb elektrokémiai potenciállal rendelkező cink elveszíti a védőhatását. A potenciálváltás jelensége a hőmérsékleten kívül a vízminőségtől is függ: a hidrogén-karbonátok kedveznek a



potenciálváltásnak, a kloridok és a szulfátok pedig ellene hatnak. A horgany korróziósebessége desztillált vízben kb. 70 °C hőmérsékletnél éri el a maximumát [2/3], [2/8].

A *vörösréz* csőanyag oxigéntartalmú, gyengén savas vagy lúgos vízben korrózióra nem hajlamos, felületén védőréteg alakul ki.

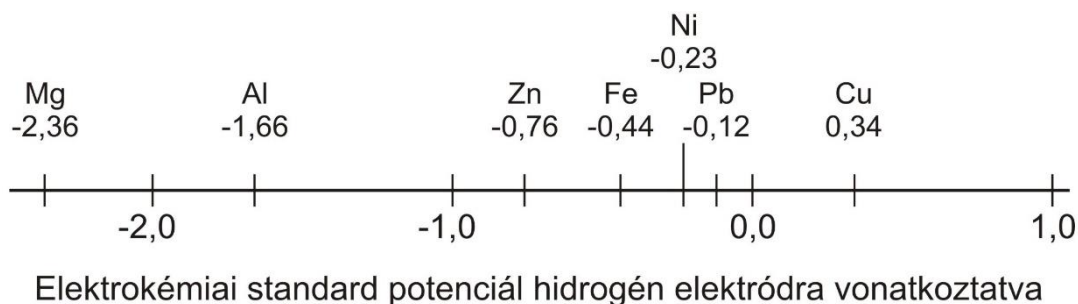
A *sárgaréz* anyagok esetében meg kell említeni, hogy ezekből Zn ionok válhatnak ki, az anyag szilárdságát veszti, eróziós korrózió alakulhat ki. Ha megfelelően ötvözik, a cinktartalom kisebb, mint 15%, nem válik ki a cink. Jelzése DZR vagy CR.

Ha a rendszerben acél és réz anyag is előfordul, a két fém elektrokémiai standard potenciálkülönbsége lehetőséget ad az elektrokémiai korrózióra, ha elektrolit is jelen van a rendszerben (részletesebben lásd a 2.4. pontban). Márpedig a csőben áramló, az ivóvíz minőségű víz kitűnő elektrolit, oldott sókat és gázokat (oxigén!) tartalmaz.

Egyes, az ivóvízellátás területén előforduló anyagok elektrokémiai standard potenciálját a 4. táblázat mutatja, néhány fém esetében pedig a 6. ábra is szemlélteti.

4. táblázat. Az épületgépészeti rendszerekben használt fémek elektrokémiai standard potenciálja standard hidrogén-elektródra vonatkoztatva [2/5]

Termodinamikai sorrend		Standard potenciál
Oxigén	O ₂	+ 0,81 (pH = 7 esetén)
Réz	Cu	+ 0,34
Hidrogén	H ₂	0,0
Ólom	Pb	- 0,12
Ón	Sn	- 0,14
Nikkel	Ni	- 0,23
Kadmium	Cd	- 0,4
Vas	Fe	- 0,44
Cink	Zn	- 0,76
Alumínium	Al	- 1,66
Magnézium	Mg	- 2,36



6. ábra. Néhány fém elektrokémiai standard potenciálja standard hidrogén-elektródra vonatkoztatva ([2/5] alapján)

2.3. A korrózió megjelenési formái

A víz elosztó és tároló rendszerekben a [2/1] jelű szabvány egyenletes és helyi korróziót nevesít.

A korrózió megjelenési formái a következők [2/3]:

Egyenletes korrózió: az anyag a teljes felületen elvékonyodik.

A helyi korrózió lehet:

- **réskorrozio:** kis területen jelentkezik, ezért kis anyagveszteséggel jár, ugyanakkor nagy károsodást okozhat. Egyik megjelenési formája a lyukkorrozio, pitting;
- **kristályközi korrózió:** a fémek belsejében jelenik meg, kis anyagveszteséggel jár. Szilárdságcsökkenést és nagy károsodást okozhat;
- **szelektív korrózió:** a nem egyformán nemes anyagszerkezeti részek miatt az egyik kristály korróziója, pl. a sárgaréz elcinktelenedése;
- **kontakt-korrózió:** eltérő standard potenciálú fémek érintkezése esetén;
- **kóboráram-korrózió:** külső vezetékszakaszoknál, egyenáramú villamos vontatás közelében. Az áram kilépésénél anyagveszteség jelentkezik, ami jelentős falvastagság-csökkenést okoz;
- **feszültségkorrózió:** ha a fémanyag belső-külső feszültségnek, rezgésnek van kitéve, repedezés, korróziós kifáradás jöhet létre;
- **kopási korrózió:** koptató igénybevétel hatására, például nagy áramlási sebesség hatására, ha az áramló közeg szilárd részecskéket is tartalmaz;



- **kavitációs korrózió** akkor jön létre, amikor a szállított víz a nyomáskülönbség következtében elgőzölög, majd a keletkező buborékok össze-roppanva nyomásváltozást idéznek elő. A vízellátás terén szivattyúkban előforduló jelenség.

2.4. A korróziós folyamatok fajtái

A korróziós folyamatok három csoportja:

- elektrokémiai korrózió,
- biológiai korrózió és
- kémiai korrózió.

Az egyes korróziós folyamatok jellemzői a következők (részletesen lásd a [2/5] jelű irodalomban):

• Elektrokémiai korrózió

- Feltételei:**
- két különböző potenciálú hely egymással fémes összeköttetésben,
 - az ionok elmozdulását lehetővé tevő elektrolit jelenléte, ami általában sók, savak és lúgok vizes oldata;
 - az elektrolitban legyen olyan anyag, amely fel tudja venni a fém ionos oldódásakor visszamaradó elektronokat. Ivóvíz berendezésekben a vízben oldott oxigén, a klór és a hidrogénionok viselkedhetnek depolarizátorként.

A három feltétel egyidejű teljesülése esetén az elektrokémiai korrózió megvalósul, márpedig az ivóvíz elosztó és tároló berendezésekben e feltételek a szállított közeg tulajdonságaiból adódóan és tervezési figyelmetlenség esetén előállhatnak.

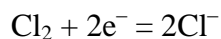
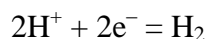
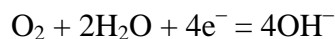
A korróziós folyamat lényege, hogy a két különböző potenciálú fém közül a negatívabb ionosan oldódik, ez az anód (oxidációs) részfolyamat [2/5]:



Ez az oxidációs folyamat pl. a vas esetében többnyire nem áll meg a Fe^{2+} keletkezésével. Ha kevés az oxigén, akkor vegyes oxidációs fokú vasat (Fe^{2+} - Fe^{3+}), tartalmazó fekete vasoxid (Fe_3O_4) keletkezhet. Bőséges oxigén beoldódás mellett az oxidáció tovább megy és Fe^{3+} tartalmú, vízben rosszul oldódó $\text{Fe}(\text{OH})_3$, majd vörös vasrozsa (Fe_2O_3) keletkezik.



A katód folyamat során az oxigén, a hidrogén vagy a klór a felszabadult elektronokat felveszi:



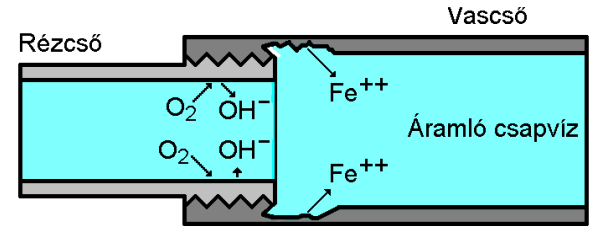
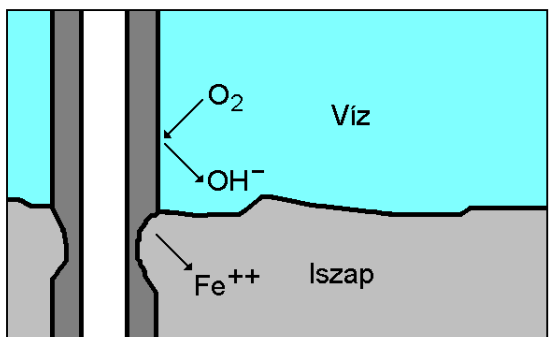
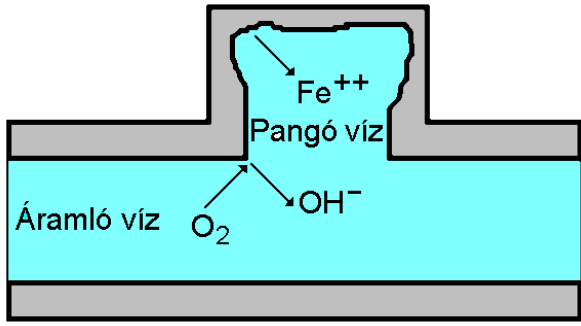
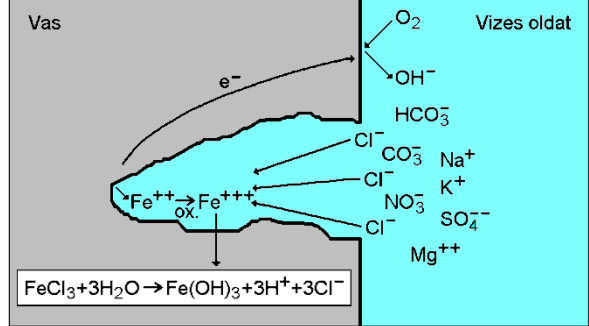
- **Biológiai korrózió**

Biológiai folyamat által előidézett elektrokémiai korrózió. Ekkor egyes organizmusok anyagcsere termékei megváltoztatják az elektrokémiai korrózióban szerepet játszó jellemzőket, vagy lerakódást képeznek, amely alatti és feletti vízréteg között oxigénkoncentráció-különbség jön létre [2/5].

- **Kémiai korrózió**

Jellemzői: a közeg és az anyag között közvetlen kémiai kölcsönhatás (pl. oldódás) áll fenn, az elektronok elmozdulása nem jellemző.

A következőkben a 7. – 10. ábrákon a [2/5] irodalom 16. fejezete alapján bemutatunk néhány jellemző példát az elektrokémiai korrózióra. A 7. ábrán két különböző elektrokémiai potenciálú fém összeépítése látható. Ilyenkor az oxigéntartalmú ivóvízzel érintkezve a negatívabb potenciálú fém korróziót szenved. A 8. ábrán iszapba merülő vas csővezeték látható. Mivel a vizes iszap oxigénkoncentrációja kisebb, mint a fölötte lévő vízrétegé, a csővezeték felszínén koncentrációs elem alakul ki. (Hasonló korróziós folyamat alakulhat ki a fém tartályok belső felületén is, ha vizet és iszapot is tartalmaznak.) A 9. ábrán látható pangó térben a víz oxigéntartalma kisebb, mint az áramló vízé. Az oxigénhiány miatt valamilyen élő szervezet, például alga jelenhet meg. A fém oldódása a pangó vízzel érintkező felületeken indul meg. A 10. ábra a vízben lévő kloridionok okozta lyukkorróziót szemlélteti. A résben keletkező oxigénhiány miatt a vas oldódik.

 <p>7. ábra. Korrózió két különböző minőségű fém csatlakozásakor</p>	 <p>8. ábra. Iszappal érintkező fém cső korróziója (eltérő víztartalmú rétegek)</p>
 <p>9. ábra. Pangó víz okozta korrózió</p>	 <p>10. ábra. Kloridionok okozta lyukkorrózió</p>

2.5. A használati melegvíz hálózatok károsodásával kapcsolatos tapasztalatok

Az elmúlt csaknem két évtizedben több olyan eset szakértői vizsgálatára volt szükség, ahol a különböző csőanyagok hibás összeépítése korróziós kárhoz vezetett. Amint az várható volt, a belső felület korróziója, illetve súlyosabb esetben a lyukadás a horganyzott csövön következett be. A következőkben összefoglaljuk a minták anyagvizsgálata és a rendszerek épületgépészeti vizsgálata kapcsán szerzett tapasztalatokat.

Az összefoglaláshoz felhasználtuk a [2/6] és [2/7] irodalom megállapításait és a BME Anyagtudomány és Technológia Tanszék laboratóriumában a szakértői munkák kapcsán készült felvételeket (a vizsgálatokat vezette és értékelte: dr. Dévényi László).

A szakértői munka során vizsgált horganyzott csövekkel kapcsolatban az anyagvizsgálat kimutatta, hogy



- „a hegesztési varratok, a hegesztési technológia megfelelő minőségű volt,
- a korróziós folyamat nem interkristallin jellegű, tehát nem acél-metallurgiai hibára vezethető vissza, továbbá
- a cső anyaga kevés perlitet tartalmazó, zömmel ferrites szövetű, kis karbontartalmú acél, amely az adott alkalmazási célra önmagában megfelelőnek tekinthető.” [2/6]

A korrózió a vizsgált esetekben mindig a használati melegvíz vagy a cirkulációs vezetéken jött létre, legtöbbször az alapvezetéki – vízszintes – szakaszokon, de egyes esetekben a felszállókon is. A belülről induló korrózió külső megjelenését a horganyzott csövön a 11. ábra mutatja.



11. ábra. A vízoldalról indult korrózió megjelenése a cső külső felületén (Forrás: BME, [2/10])

A szélsőségesnek nem nevezhető ivóvízminőség ellenére a csővezeték belső felületén a lerakódások több helyen kitöltötték a belső csőkeresztmetszet harmadát-felét. Foltokban jelentkező lerakódásokat mutat a 12. ábra, a keresztmetszetet jelentős részét kitöltő lerakódás a 13. ábrán látható. A 14. ábra egy lyukadási hely környezetének képét mutatja. A lyukadás



(mint legtöbbször) a beépítéskor vízszintes helyzetű cső alsó palástján keletkezett. A lerakódás alatti bemaródásból látható, hogy a korrózió vízoldalról indult.



12. ábra. Foltokban jelentkező lerakódások és bemaródások a horganyzott cső belső felületén
[2/6]

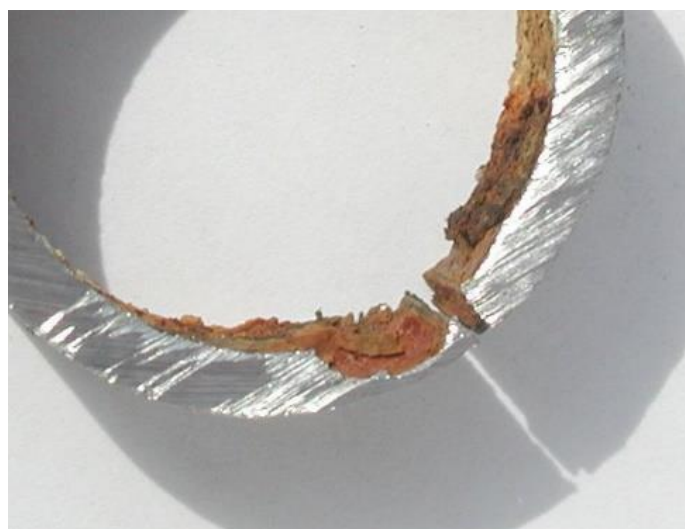


13. ábra. Átlyukadás mellett kialakult korróziós lerakódások (Forrás: BME [2/10])



14. ábra. Lyukadási hely környezetének képe a lerakódással [2/6], [2/9]

Megfigyeltük, hogy ha a vízszintes alapvezetékét úgy szerelték, hogy a cső hegesztési varrata alulra került, akkor a hegesztési varratot csíkszerűen kioldva is létrejött átllyukadás (15. ábra). Az ábra egy cirkulációs vezeték-szakasz metszetének képét mutatja. Látható, hogy az anyagba mélyen behatoló korróziós lyuk mellett a varrat is alul, az intenzív korróziós területen található, és amint az árnyékon látszik, csíkszerűen átkorrodált. A varrat kioldódásának oka az, hogy bár varrat azonos anyagú a csővel, a hegesztési varrat torzult rácsszerkezete mindig negatívabb potenciálú, mint a nem torzult csőanyag.



15. ábra. A hegesztési varrat korróziója [2/6]



A vizsgálatok során a BME Anyagtudomány és Technológia Tanszék laboratóriumában elvégezték a cső belső falán lévő lerakódások energiadiszipatív röntgenanalizátoros (EDS) elemzését is. Az elemzés eredményeképpen megállapították a korróziós szempontból kritikusnak tekintett kémiai elemek, a kén (S), klór (Cl) és réz (Cu) jelenlétét a lerakódásokban.

A [2/7] cikkben foglaltak szerint: „... kén- és a klór vegyületek formájában lekött, és vizes oldatban ionként az ivóvíz rendszerekben szükségképpen vannak jelen, és önmagukban – a mért koncentrációkban – az elfogadható mértéken felüli korróziót nem okoznak.”

A réz ionok szerepe előzőektől eltérő. Kémiai potenciálkülönbségük miatt a vizes oldatban lévő réz ionok mind a velük érintkező cinkkel, mind az acélok vas atomjaival „helyet cserélnek”, a réz szilárd állapotban kiválik, a cink és vas atomok ionosan oldatba mennek. A folyamatot a vegyészet régóta ismeri, a magyar terminológiában „cementálódás”, vagy „kémiai cserebomlás” a neve.

A vizsgálat alapján a következő megállapítások tehetők:

- a vizsgált acélcsőveken a hegesztési varratok, a hegesztési technológia megfelelő minőségű volt;
- a korróziós folyamat nem interkrisztallin jellegű, tehát acél-metallurgiai hibára nem vezethető vissza;
- cső anyaga kevés perlitet tartalmazó, zömmel ferrites szövetű, alacsony karbontartalmú acél, tömbi anyaga az adott alkalmazási célra önmagában megfelelőnek tekinthető;
- a vizsgált esetben a használati hidegvíz minősége megfelelt a szabványok szerint elvárható ivóvíz minőségnek, keménysége lényegesen kisebb, mint a „megfelelő” határérték;
- a szélsőségesnek nem nevezhető ivóvízminőség ellenére a lerakódások több helyen kitöltik a belső csőkeresztmetszet harmadát-felét;
- a korrózió minden esetben a vízoldalról, lerakódás alatt indul el, vagy a cső falvastagságának mintegy háromszoros átmérőjére kitáguló, korróziós lerakódással telített, a csőfalat átérő üreget képez, vagy a hegesztési varratot csíkszerűen kioldva okoz átlyukadást;
- lyukadás kizárólag a vízszintes helyzetű csővekben, intenzív korróziót okozó, méréseink szerint kenet, foszfort, klórt, rézet tartalmazó vegyületek jelenlétében következett be;



- a réz ionok kizárólag az áramló vízzel (a cirkulációs vezetéken át) kerülhettek a horganyzott acélcsövek belső felületéhez, és ott az irodalomból jól ismert cserebomlásos (cementálódás) folyamattal mind a cink bevonatot, mind az acél csőfalat oldva pontszerűen, illetve a varratoknál rés alakban lyukadást okoztak.” [2/7]

Az előzőekben bemutatott fő ok, a réz és a horganyzott vezetékek együttes szerelése és a nagy hőmérséklet mellett a korrózió oka lehet a horganyzás nem megfelelő minősége is, aminek következtében egyenlőtlen korrózió jön létre [2/8].

A korróziós káresetekkel kapcsolatban az is kiderült, hogy a horganyzott vezeték elektrokémiai korróziójának egyik, meglehetősen kellemetlen jele, hogy a belső felületeken létrejött laza lerakódást (16. ábra) az áramló víz magával sodorja, és a csapból zavaros, sőt fekete víz folyik. Igényes épületekben, például szállodákban már ez is önmagában súlyos kárt, presztízs-vesztést okoz az üzemeltetőnek, vagy a tulajdonosnak [2/6].



16. ábra. Laza korróziós lerakódás a cső belső felületén [2/6]

A fentiek rámutatnak a különböző elektrokémiai tulajdonságú anyagok összeépítésének veszélyére, ha elektrolitként viselkedő – ivóvíz minőségű – víz áramlik a vezetékekben. Ebben az esetben a szakmai szabályok és a gyártók az ismert „folyásirány szabály” betartására



javasolják, ami azt jelenti, hogy rézvezetékét csak a horganyzott vezeték után szabad szerelni ([2/6]). Itt azonban problémát jelenthet, ha nem tervezett, például a csapolóhelyek esetleges áteresztéséből kialakuló visszaáramlás jön létre, amellyel a rézionok a horganyzott csőfelületre visszajuthatnak, ott cementálódhatnak és ennek révén korróziós pontokat hoznak létre. Másrészt a használati melegvíz hálózat cirkulációjának éppen az a feladata, hogy a vizet – és ezzel a rézionokat – a hálózat végpontjáról a hőcserélőig visszahozza, így a folyásirány szabály alkalmazása ebben az esetben hatástalan. A vegyes csőanyagból készült hálózat kialakítását, vagy a horganyzott csővel készült hálózat részbeni átalakítását rézcsöves szereléssel tehát kerülni kell, illetve nagy tervezői, kivitelezői odafigyelést igényli.

2.6. A korrózióvédelem eszközei

A korrózióvédelmi technológiák osztályozása és bemutatása megtalálható a [2/5] jelű irodalomban. A következőkben ennek alapján rövid összefoglalást adunk a szóba jöhető megoldásokról, kiemelve a hideg és meleg ivóvíz hálózatok területét.

A **konstrukciós korrózióvédelem** lényege, hogy a szerkezeti anyagok helyes megválasztásával előzzük meg vagy csökkentjük a korróziós károkat. Ennek egyik kérdésére az előzőekben felhívtuk a figyelmet: korróziós veszélyt jelent két egymástól nagyon eltérő elektrokémiai standard potenciálú fém összeépítése, hiszen a rendszerben jelen van az elektrolit, a hideg vagy meleg ivóvíz.

[2/5] szerzője arra is felhívja a figyelmet, hogy nemcsak a szerkezeti anyagokra, hanem a kötésekre is oda kell figyelni: „például réz csövet nem szabad cinkkel forrasztani...”

[2/3] részletes útmutatást tartalmaz a különböző anyagú csövek szerelésére. A szereléssel kapcsolatosan kiemeljük a horganyzás minőségének ellenőrzését. Erről már vizuális vizsgálat is felvilágosítást ad: „...A csillogó, sima felület, a hullámok és helyi megvastagodások nélküli csőbelső jó minőségre utal, a fénytelen, helyi megfolyósodásokkal teli szürke felület az ellenkezőjére.”

„...A horganyzott csővezetékek szerelésénél nagy gondot kell fordítani arra, hogy a horganyréteg minősége ne romoljon, és a kötések helyei ne legyenek újabb forrásai a korróziónak. ... A menetvágáskor eltávolított horganyréteg nem jár korróziós veszéllyel, ha a



csőmenetet szakszerűen borítják tömítőanyaggal. ... A csővégen a menethossz csak kevés lehet több a kötőelem becsavarási hosszánál. ...”

A réz anyagú csővezetékekkel kapcsolatban a [2/3] szakirodalom a következőket jegyzi meg: „A használati melegvíz-ellátás réz csővezetékeiben a gyakorlatban kis számban előforduló lyukkorróziós károsodás a következő okokra vezethető vissza:

- karbonfilm, amely a gyártástechnológiai folyamatból maradt vissza,
- hegesztőpor-maradványok, amelyek a csővezeték szerelésekor maradtak vissza,
- lerakódások, amelyeket a víz hozott a csőrendszerbe, különösen vas- és mangánvegyületek.”

A **passzív korrózióvédelem** lényege, hogy a szerkezeti anyag és a hideg vagy meleg ivóvíz érintkezését bevonatokkal akadályozzuk meg [2/5]. A bevonat csak akkor lesz hatékony, ha kialakítása előtt fémtiszta felületet hozunk létre, tehát eltávolítjuk az olaj, zsír és festék maradványokat, valamint a korróziós termékeket.

A *felület-előkészítő módszerek*: zsírtalanítás, mechanikus vagy vegyszeres oxidmentesítés (részletesebben lásd: [2/5]).

A *fémcs bevonatok* közül kiemeljük a tűzi fémbevonást, amelynek lényege, „...hogya a védendő fémtárgyat fémolvadékba mártják, amikor a bevonó és az alapfém között diffúzió révén ötvöződés következik be. A tárgy felületén a fémolvadékból való kiemeléskor az alapfémhez ötvöző réteggel kötött fémbevonat alakul ki. Rétegvastagság: 25 – 200 µm.” [2/5]

Jellegzetes példája az acél csővezetékek védelmére alkalmazott tűziorganyzás (cink bevonat készítés).

A *nemfémcs szervesetlen bevonatok* közül a [2/5]-ben felsorolt változatokból kiemeljük a tűzi zománcozást, amikor „...felizzított felületre szórt 900 – 1000 °C körül olvadó szilikátok képezik az igen jó korrózióálló bevonatokat, amelyek azonban ridegek, a mechanikai hatásoknak alig állnak ellen.” [2/5]

Ilyen nemfémcs szervesetlen bevonatokat alkalmaznak az ivóvíz-ellátásban például a tárolók védelmére.



A szerves bevonatok közül a [2/5]-ben felsorolt változatokból kiemeljük a festékeket, amelyek a felületvédelem általánosan elterjedt eszközei. „...A festékek kötőanyaguk szerint lehetnek természetes és műgyanta anyagúak, a szárítás és kikeményítés technológiája szerint pedig levegőn száradók, alacsony hőmérsékleten kikeményedők (60 – 80 °C), magas hőmérsékleten kikeményedők (160 – 300 °C)” [2/5].

Az **aktív korrózióvédelmi eljárások** kapcsán sor kerülhet inhibitorok alkalmazására, vagy katódos védelem kialakítására.

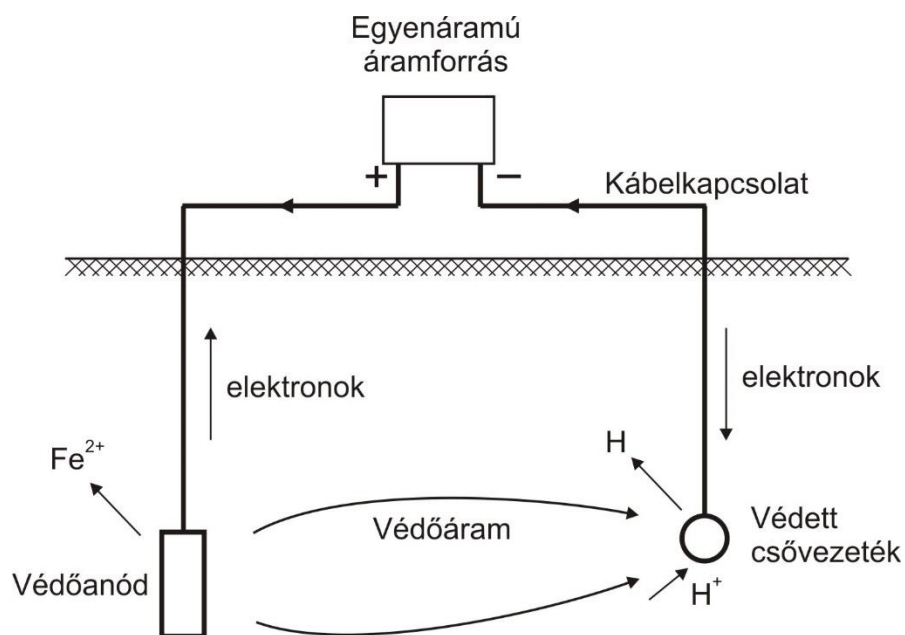
„Az *inhibitorok* olyan anyagok, amelyeket a korróziót okozó közeghez adva a korrózió sebességét jelentős mértékben lecsökkentik. Az inhibitorok lehetnek anódosak vagy katódosak, aszerint, hogy melyik folyamatot gátoljuk.” [2/5]

„Fiziológiai okok miatt használati melegvíz-ellátó berendezések részére csak foszfátok és szilikátok alkalmasak.” „Az ortofoszfátok a horganyzott acélcsöveken védőréteget képeznek, ... katódos inhibítorként hatnak. ...” „A polifoszfátok elsősorban keménységstabilizálóként hatnak, ami azt jelenti, hogy a vízben lévő kalcium- és magnéziumvegyületek a hőmérséklet emelkedésekor polifoszfátok jelenléte esetén nem rakódnak le a csővezetékre.” [2/3]

A *katódos védelem* során „A védendő szerkezeti anyagot olyan fémrel hozzák fémes érintkezésbe, amely nálánál negatívabb potenciálú. Ilyenkor a negatív potenciálú tárgy fog korrodálódni a védendő tárgy helyett mindaddig, amíg el nem fogy (oldódó anódos vagy áldozati anódos védelem....” [2/5].

Katódos védelmet alkalmaznak például a víztárolóknál, ahol a tároló belsejében azzal fémes érintkezésben elhelyezett áldozati anódot helyeznek el.

A *külső áramforrással megvalósított katódos védelem* esetében például a földben vezetett fém csővezetékeket úgy védik, hogy az egyenáramú áramforrás negatív kivezetését a védendő csővezetékre, a pozitívat pedig egy nagy felületű fémből készült védőanódra kötik. A segédelektrod fog korrodálni a védendő csővezeték helyett [2/5] (17. ábra).



17. ábra. Katódos védelem külső áramforrással

A *komplex védelem* bevonatok és katódos védelem együttes alkalmazását jelenti, amelyet talajba fektetett csővezetékek és tartályok védelmére használnak. A védőbevonat jelentősen csökkenti a katódos védelem áramsükségletét, másrészt viszont a bevonat sérülése esetén az aktív védelem hatásos marad [2/5].



2.7. A 2. fejezetben hivatkozott irodalom

- [2/1] MSZ EN 12502-3:2005 jelzetű magyar szabványsorozat: Fémek korrózióvédelme. Útmutató a vízelosztó és tároló rendszerekben a korrózió lehetséges valószínűségének becsléséhez. Az érvényesség kezdete: 2005.06.01.
1. rész: Általános követelmények.
 2. rész: A réz és rézötvözetek befolyásoló tényezői
 3. rész: A tűzi horganyzott vasanyagok befolyásoló tényezői.
- [2/2] MSZ EN 806-2:2005 jelzetű magyar szabvány: Épületeken belüli emberi fogyasztásra szánt vizet szállító vezetékek követelményei.
- [2/3] Mörbe, K. – Morenz, W. – Pohlmann, H. W. – Werner, H.:
Korrózióvédelem az épületgépészeti gyakorlatban.
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986.
- [2/4] Völgyes I. szerk.: Vízellátási és csatornázási adatok.
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986.
- [2/5] Bajnóczy G.: Épületgépészet 2000. Alapismeretek. 16. fejezet: Korrózióvédelem.
Épületgépészet Kiadó, Budapest, 2000
- [2/6] Barna L.: Korszerű csőanyagok épületek vízellátási rendszereiben.
Vízellátás, csatornázás időszaki kiadvány, Info-Prod Kiadó, 2000.
- [2/7] Barna L. – Dévényi L.: Elektrokémiai korrózió használati vízellátó rendszerekben
Magyar Épületgépészet, LI. évf. 2002/5. szám, p. 22 – 24.
- [2/8] Szánthó Z. – Barna L.: Egy melegvíz hálózat felújításának tapasztalatai
Magyar Épületgépészet, LXIII. évf. 2014/7-8. szám, p. 29 – 32.
- [2/9] Barna L. – Kugler G. – Lászlófi A. – Szánthó Z.: Az egészséges víz biztosítása
épületen belüli vízellátó berendezésekben
Magyar Épületgépészet, LXV. évf. 2016/7-8. szám, p. 28 – 32.
- [2/10] Anyagvizsgálati jegyzőkönyv és szakértés. Horganyzott acél vízvezeték csövek károsodási okainak vizsgálata. Készítette: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Anyagtudomány és Technológia Tanszék. A vizsgálat időpontja: 2007. június 1. – július 9.



3. Az emberi fogyasztásra szánt víz az épületgépészeti rendszerekben

3.1. Vízellátási alapfogalmak

A vízszolgáltatás törvényi szabályozása

A vízgazdálkodásról szóló 1995. évi LVII. törvény [3/17] definiál néhány a vízfelhasználással kapcsolatos fontos fogalmat. A törvény értelmezése szerint

ásványvíz: olyan természetes felszín alatti víztartóból vagy vízádóból származó víz, amelynek ásványi anyag tartalma jellemzően eltér a rendszeres emberi fogyasztásra szolgáló ivóvíztől, és annak összetétele megfelel a vonatkozó jogszabályban meghatározott (így például biológiai, kémiai) határértékeknek;

gyógyvíz: olyan ásványvíz, amelynek bizonyítottan gyógyhatása van és gyógyászati felhasználásának engedélyezése külön jogszabályok szerint történik;

ivóvíz: a rendszeres emberi fogyasztásra alkalmas a fizikai, a kémiai, a bakteriológiai, a toxikológiai és a radiológiai határértékeknek megfelelő víz;

termálvíz: minden olyan felszín alatti (vízadó rétegből származó) eredetű víz, amelynek kifolyó (felszínen mért) hőmérséklete a 30 °C, vagy annál magasabb.

Az ivóvíz fizikai, a kémiai, a bakteriológiai, a toxikológiai és a radiológiai határértékeit a többszörösen módosított 201/2001. (X. 25.) Kormányrendelet [3/1] definiálja (ld. 1. fejezet). Magyarországon kitermelt „természetes ásványvizet, természetes ásványi anyagok felhasználásával mesterségesen készült ásványvizet természetes ásványvíz minőségre, valamint gyógyvizet természetes gyógyhatásra utaló elnevezéssel ellátni csak a Budapest Főváros Kormányhivatala engedélyével lehet.” [3/18] Elismert természetes ásványvíz, illetőleg gyógy-víz elnevezés használata akkor engedélyezhető, ha a víznyerőhelyen kifolyó víz eredete és minősége megfelel a 74/1999. (XII. 25.) EüM [3/18] rendelet mellékletében foglaltaknak.

Korábban az 1990. évi LXV. önkormányzati törvény egyéb feladatok mellett a helyi önkormányzatok köteletségévé tette az egészséges ivóvízzel való ellátást. A víziközműszolgáltatásról szóló 2011. évi CCIX. törvényben [3/19] meghatározottak szerint a közműves ivóvízellátással és a közműves szennyvízelvezetéssel és -tisztítással kapcsolatos víziközmű-



szolgáltatási feladatok elvégzéséről az állam vagy a települési önkormányzat (az „ellátásért felelős”) kötelessége és joga gondoskodni. A törvény szerint „az ellátásért felelős közfeladatként megteremti a víziközmű-szolgáltatás infrastrukturális előfeltételeit és az ellátási területen gondoskodik arról, hogy a felhasználók a víziközmű-szolgáltatást az igényelt mennyiségben, minőségben és szolgáltatási színvonalon igénybe vehessék.”

A törvény meghatározása szerint a víziközmű „olyan közcélú vízellátási rendszer, amely település vagy települések közműves ivóvízellátását, ezen belül az ivóvíztermelést, az ehhez kapcsolódó ivóvízbázis-védelmet, az ivóvízkezelést, -tárolást, -szállítást és -elosztást, felhasználási helyekre történő eljuttatást, mindezekhez kapcsolódóan a tűzvíz biztosítását”, valamint a szenny- és csapadékvíz elvezetési feladatokat szolgálja. A víziközmű-szolgáltatás „közszolgáltatási szerződés keretében nyújtott közműves ivóvízellátás az ahhoz kapcsolódó tűzvíz biztosítással”, továbbá a közműves szennyvízelvezetés és -tisztítás, beleértve az egyesített rendszerű csapadékvíz-elvezetést is.

Víziközmű kizárólag az állam vagy települési önkormányzat tulajdonában állhat. Az állami tulajdonú víziközmű felett a tulajdonosi jogokat a Magyar Nemzeti Vagyonkezelő Zártkörűen Működő Részvénytársaság gyakorolja. A víziközmű-szolgáltató a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal által kiadott működési engedélyben meghatározott ellátási területen kizárólagosan jogosult és köteles víziközmű-szolgáltatást végezni. Működési engedélyt az a szolgáltató kaphat, amelyik szolgáltatási területén a [3/19] törvény melléklete szerinti képlet alapján kiszámított felhasználói egyenérték összesítve meghaladja a 150 ezret. Ez a rendelkezés a korábban önkormányzati tulajdonban álló kis vízszolgáltató társaságok integrációját kényszerítette ki.

A víziközmű-szolgáltató – az üzemeltetési szerződésben meghatározott keretek között, a víziközmű-rendszer teljesítőképességének mértékéig – a felhasználók részére víziközmű-szolgáltatást nyújt, és víziközmű-szolgáltatás nyújtása céljából a szolgáltatást igénybe venni kívánók rendelkezésére áll. A víziközmű-szolgáltató az üzemeltetési szerződés hatálya alatt „a víziközmű-rendszer teljesítő képességének mértékéig fogadja a víziközmű-rendszerre rácsatlakozni kívánó természetes és jogi személyek, jogi személyiség nélküli jogalanyok igényeit, a felhasználóknak ivóvizet szolgáltat, elvégzi a felhasználási helyen keletkező szennyvizek összegyűjtését, elvezetését és tisztítását.”



A vízigények kielégítésének sorrendje a vízgazdálkodásról szóló 1995. évi LVII. törvény [3/17] szerint:

- a) létfenntartási ivó és közegészségügyi, katasztrófa-elhárítási,
- b) gyógyászati, valamint a lakosság ellátását közvetlenül szolgáló termelő- és szolgáltató tevékenységgel járó,
- c) állattartási, haltenyésztési,
- d) természetvédelmi,
- e) öntözési,
- f) gazdasági,
- g) egyéb (így például sport, rekreációs, üdülési, fürdési, idegenforgalmi célú) vízhasználat.

Ha a vízhasználat korlátozása szükségessé válik, a korlátozás sorrendje a törvényben meghatározott kielégítési sorrend fordítottja. Ha a felhasználható vízmennyiség természeti vagy egyéb elháríthatatlan okból csökken, a vízhasználat — a létfenntartási vízhasználat kivételével — a meghatározott sorrendben kártalanítás nélkül korlátozható, szüneteltethető, vagy a biztonsági követelmények megtartása mellett megszüntethető.

A víziközmű-szolgáltatásról szóló 2011. évi CCIX. törvény [3/19] a víziközmű-szolgáltatóra a létfenntartási, a közegészségügyi és a katasztrófa-elhárítási vízigények teljesítése érdekében kötelezettségeket ró. A szolgáltató lakossági felhasználó esetében a közüzemi ivóvíz-szolgáltatást felfüggesztheti, ha „a létfenntartási és közegészségügyi vízigények teljesítéséhez szükséges ivóvízellátást más, elérhető módon biztosítja. Létfenntartási és a közegészségügyi vízigények teljesítését az illetékes népegészségügyi szerv ellenőrizheti, és szükség szerint intézkedik a víziközmű-szolgáltatóval szemben.” „A létfenntartási és közegészségügyi vízigényeknek eleget tevő ivóvízellátás érdekében a víziközmű-szolgáltató – az ellátásért felelős előzetes értesítése és a települési önkormányzat hozzájárulása esetében – a víziközmű tulajdonosának költségére közkifolyót helyezhet el... A közkifolyó üzemeltetésének költségeit a települési önkormányzat fizeti meg a víziközmű-szolgáltató részére. A közegészségügyi követelmények teljesítéséhez szükséges ivóvízellátás akkor biztosított, ha az ivóvízellátás legalább 20 l/fő/nap mennyiségben a lakóhelytől számítottan legfeljebb 150 méter, közterületen megteendő távolságon belül elérhető.”



3.2. Víznyerés

A többszörösen módosított 201/2001. Kormányrendelet [3/1] részletes definíciója szerint ivóvíznek nevezzük eredétől függetlenül minden, eredeti állapotában vagy kezelés utáni állapotban levő, ivásra, ételkészítésre és egyéb háztartási célokra szánt vizet, függetlenül attól, hogy szolgáltatása hálózatról, tartálykocsiból történik vagy kereskedelmi forgalomba kerülő edénybe (palack, tartály, ballon) töltésre kerül. Ivóvíznek minősül továbbá valamennyi víz, amelyet a 178/2002/EK rendelet 2. cikke szerint az élelmiszeripari vállalkozások élelmiszer előállításához használnak fel, beleértve mindazon anyagoknak és termékeknek a gyártását, feldolgozását, konzerválását és forgalmazását, amelyek emberi fogyasztásra szolgálnak; kivéve, ha a megyei kormányhivatal, illetve az élelmiszerlánc-felügyeleti szerv azt állapítja meg, hogy a víz minősége nem befolyásolja a késztermék (élelmiszer) minőségét. Ivóvíznek minősül tehát a nem közvetlen emberi fogyasztásra, hanem háztartási célokra – mosás, takarítás – szolgáló víz is.

A hazai gyakorlatban a vízszolgáltatás ivóvíz szolgáltatását jelenti, azaz az ivóvíz minőségi követelményei teljesülnek az alárendelt, kevésbé igényes fogyasztást – pl. WC öblítést – fedező vízre is. Ez jelentősen megemeli a vízellátás költségeit, hiszen az egy főre jutó napi vízfelhasználásból a már hatályon kívüli MI-10-158-1:1992 [3/20] műszaki irányelv szerint 5 – 10 liter a közvetlen fogyasztásra, ivásra és főzésre szolgáló víz mennyisége. A korszerű lakóépületekben élők napi vízfelhasználása 100 – 250 l/fő, nap; Budapesten pl. kb. 170 l/fő, nap körüli.

A vízigényeket a következő forrásokból lehet fedezni:

- csapadékvíz;
- felszíni vizek;
- felszín alatti vizek:
 - talajvíz;
 - parti szűrésű víz;
 - rétegvíz, azon belül:
 - szubartézi víz;
 - artézi víz;
 - karsztvíz.



3.2.1. Csapadékvíz

A csapadékvíz a levegőből jelentős mennyiségű oldott gázt képes elnyelni és porszenyvezést is tartalmazhat. A csapadékvíz normál állapotban jellemzően 0,0485 liter oxigént, 0,023 liter nitrogént képes oldani. A csapadék a levegőből egyéb szennyezéseket is kimoshat. Ipari szennyezések hatására (kéntartalmú szén és olaj égéstermékai, salétromsav gyártása stb.) a csapadék pH-ja az 5-ös érték alá csökkenhet, aminek a következménye a savas eső. Természetes körülmények között a csapadék pH-ja 6,0 – 7,0 közötti.

A csapadékvíz ivásra közvetlenül nem használható: íztelen, hiszen oldott sókat nem tartalmaz. Ha ivóvíz céljára akarják felhasználni, akkor a fertőtlenítésen túl kalcium- és magnéziumsóval kell keverni. A szükséges kezelések magas költsége miatt a csapadékvíz felhasználásának csekély a jelentősége hazánkban, alárendelt célokra (öntözés, WC öblítés) azonban érdemes lehet a csapadékvizet gyűjteni. A korszerű kozmetikai anyagok elterjedése előtt falusi környezetben a lágy csapadékvizet pl. hajmosásra hordóban gyűjtötték [3/9]. A hálózati víz emelkedő költségével a csapadékvíz egyre komolyabb kezelési költséget visel el, és ezzel egyre igényesebb célokra (mosás, takarítás, tisztálkodás) válik felhasználhatóvá. A gyűjtött csapadékvíz kezelésének higiéniai kérdései nem képezik jelen kiadvány tárgyát.

3.2.2. Felszíni víz

Folyóvizeink vízgyűjtő területének nagyobb hányada nem országunk területére esik, a felszíni vízkészlet mintegy 95%-a külföldről érkezik hazánkba. A hazai folyóvizek vízminőségi állapotát a vízfolyást érő külföldi és hazai szennyezőanyag terhelése és az élő vizekben működő természetes öntisztulási folyamatok határozzák meg.

A felszíni vizek sok szerves és szervetlen anyagot, oldott levegőt tartalmaznak. A víz összetételét a vízgyűjtő terület talajának minősége is befolyásolja. A víz minősége térben és időben is jelentősen változik, nagyobb esők után a folyóvizekben pl. lényegesen nagyobb a szállított hordalék és uszadék mennyisége. A víz hőmérsékletének függvényében a víz algásodhat, benne különböző mikrobiológiai folyamatok zajlanak le. A természetes szennyeződésen kívül a felszíni vizek emberi eredetű szennyeződésének veszélye is igen nagy.



A folyóvizek a felszín alatti vizekhez képest kevesebb oldott sót, de lényegesen több oldott oxigént, lebegő anyagot, szerves anyagot és antropogén eredetű, főként tisztítatlan- és tisztított szennyvizekből származó szennyező anyagokat (pl. szénhidrogén származékok, gyógyszer- és vegyszermaradékok stb.) tartalmaznak. Gyakoriak a kellemetlen íz- és szaghatásokat okozó szennyező anyagok is. A vízminőségi mutatók széles határok között változnak. Ez egyrészt szezonális jellegű, másrészt a vizeket érő terhelések változásait tükrözi [3/6].

A jelentős szennyeződések miatt a felszíni eredetű vizek költséges, a nyersvíz minőségének változásához rugalmasan alkalmazkodni képes tisztítási technológiát igényelnek. Hazánk néhány településén jelentős arányban használnak fel felszíni eredetű vizet (pl. Fonyód, Balatonszéplak és egyéb balatoni csúcsvízművek; Debrecen a Keleti-főcsatornából; Kazincbarcika a Lázberci tározóból stb.). Országos szinten a vízfelhasználás kb. 8%-át fedezi fel felszíni vízből (2013) [3/15].

3.2.3. Talajvíz

Talajvíz a felszín közelében levő felső vízréteg vize, amelyre számottevően hatnak a meteorológiai viszonyok, s ezért hőmérséklete, kémiai összetétele változó. Porózus és hasadékos kőzetben egyaránt előfordulhat.

A talajvíz az első vízzáró réteg fölött helyezkedik el. Ha nagy vastagságú áteresztő réteg található a talajvíz alatt, akkor a tulajdonképpen együttdolgozó rendszerből a felső 20 m-ben tárolt vizet nevezzük talajvíznek. Vízminőségi szempontból a legveszélyeztetettebb, mivel felülről nem zárja el vízzáró réteg, így fokozottan ki van téve a szennyező hatásoknak. Környezeti hatások miatt szennyezettek, fizikai-, kémiai-, biológiai- és bakteriológiai jellemzőik kedvezőtlenek.

Falusi környezetben hagyományosan a fűrt kutakból nyert talajvizet hasznosították, azonban a nitrátosodás miatt a talajvíz Magyarország számos területén már alkalmatlan a közvetlen emberi fogyasztásra (lásd még 1.2.1.1. fejezet). A nitrátosodás a nitrát koncentráció növekedésével járó környezeti probléma. A felszín alatti vizekben, elsősorban a talajvízben jellemző az antropogén eredetű nitrát felhalmozódása. Ez egyrészt a mezőgazdasági tevékenység – műtrágyázás, állattartás, szerves trágya bemosódása – másrészt a csatornázatlan településeken a szennyvizek talajban történő elhelyezésének (szennyvízszikkasztás)



következménye. Környezeti hatása az eutrofizáció miatt jelentős. Az eutrofizáció folyamata során a felszíni vizek tápanyagban feldúsulnak, aminek következménye az algák és vízinövények elszaporodása, ami azonban a vízben oldott oxigén csökkenéséhez, halpusztuláshoz és mérgeanyagokat termelő fitoplanktonok elszaporodásához vezet. A nitrátos víz fogyasztása egészségügyi kockázatot jelent. A nitrát a béltraktusban mikrobiológiai redukció révén nitritté alakul. A nitrit a hemoglobinnal reakcióba lépve methemoglobin keletkezik, ami az oxigén szállítás gátlásához vezet, ugyanis a nitritek a hemoglobinban található vas(II)-iont vas(III)-má oxidálják, amely így oxigénszállításra alkalmatlanná válik. Súlyos esetben az oxigénhiány halált okozhat. A betegség különösen csecsemőkre veszélyes. Ma Magyarországon, különösen a hátrányos helyzetű területeken egyik legsúlyosabb ivóvíz higiénés kérdés a nitrátos/nitrites víz fogyasztása, ami kiemelt felelősséget ró a védőnői szolgálatra és a népegészségügyi hatóságra. A nitrát az ivóvízből forralással nem távolítható el. A nitrátos víz a közvetlen emberi fogyasztásra nem, de alárendelt célokra felhasználható.

Magyarországon ma már csak néhány vízmű használ talajvizet, leginkább talajvíz-dúsítással egybekapcsolva. A talajvíz és egyéb felszín közeli vizek a vízellátási célú vízhasználat csekély hányadát adják és felhasználásuk csökkenő tendenciát mutat.

3.2.4. Parti szűrésű vizek

A parti szűrésű vizek átmenetet alkotnak a felszíni és a felszínalatti vizek között. A parti szűrésű vizet a felszíni vízfolyások mellett található vízvezető, víztároló kőzetekből termelik ki, és e kőzetek vízutánpótlásukat zömében a felszíni vizekből nyerik úgy, hogy a kitermelt víz legalább 50%-a a folyóvízből származik. Ez feltételezi a vízáadó rendszer szoros és közvetlen kapcsolatát a vízfolyással, megfelelő áteresztő képességet és szűrőkapacitást. Magyarország jelentősebb parti szűrésű vízkészletei a Duna kavicssteraszain (Szigetköz és Budapest térsége), a Dráva a Rába, az Ipoly, a Sajó és a Hernád folyók mentén találhatók. Országos szinten a közütemi vízellátás jelentős részét, közel 46%-át nyerik parti szűrésű kutakból (2013) [3/15].

A parti szűrésű víz eredetére nézve felszíni víz. A több tíz méter vastagságú vízáteresztő mederanyagon (kavics, homokos kavics) átszivároghat, a kedvező minőségváltozást okozó természetes talajszűrést követően éri el a vízkitermelő létesítményeket (jellemzően a csápos



kutakat). A parti szűrésű víz minőségét együttesen befolyásolja a felszíni víz minősége, a mederanyag (a parti talajréteg) természetes szűrőhatása és az esetleg keveredő talajvíz jellemzői [3/5]. A talajba jutó csapadékvíz mennyisége és hatása a nagyobb vízfolyások mentén elhanyagolható, kisebb vízfolyások mentén található kisebb vízműveknél azonban jelentős lehet [3/11]. A kavicságyban a kút felé kialakuló igen lassú áramlás alatt a kavicszemcsék felületén lévő biofilm baktériumai általában a víz biológiai tisztítását is elvégzik.

A parti szűrésű víz jellemző tulajdonságai a felszíni vízhez hasonló kémiai paraméterek, a vízállás és az időjárás által befolyásolt időben változó vízmennyiség és az alacsony szervesanyag-tartalom. Minőségét jelentősen meghatározza a vízszerzés parttól való távolsága, a háttérből beáramló víz mennyisége és minősége. A lehetséges szennyezőanyag komponensek a különféle mikroorganizmusok, oldott állapotú szerves anyagok, vas- és mangán vegyületek, ammónium, nitrit és nitrát ionok, kénhidrogén, szerves és szervesetlen mikroszennyezők, kőolaj és származékai [3/6]. Bár a partiszűrésű vizek minősége mind a folyó, mind a hátoldal felől érkező szennyezőanyagokkal szemben nem eléggé védett, egy-két kivételtől eltekintve szerves és szervesetlen mikroszennyezők, kellemetlen szagot és ízt okozó anyagok hazánkban ma jellemzően nem jelennek meg a kitermelt vízben. A nem szerencsés mederviszonyok következtében egyes partiszűrésű vízbázisaink vizében határértéket lényegesen meghaladó mennyiségű vas, mangán (pl. Budapesttől délre a Dunában) és ammóniumion fordulhat elő [3/4]. A talajvizek nitrátosodása jelentősen befolyásolja a parti szűrésű kutak ivóvíz-minőségét, különösen alacsony vízállás esetén, mert a vízutánpótlás ilyenkor a nagyobb nitrát tartalmú talajvízből történik. A legkedvezőbb helyzet, ha a vízáadó réteg folyóra merőleges szélessége nem haladja meg a 250-300 métert – ilyen esetben ugyanis nincsen háttérrendszer, és a teljes vízáadó sáv a vízmű védőterülete lehet [3/11].

3.2.5. Rétegvíz

A réteg-, vagy mélységi vizek két vízzáró réteg között, néhány tíz métertől az ezer métert is meghaladó mélységig, több egymással kapcsolatban nem álló rétegben találhatók. A víztartó felett egy vagy több vízzáró réteg helyezkedik el, amely a földtani változásoktól eltekintve időben állandó minőségű és mennyiségű vizet tartalmaz. Emberi eredetű szennyezés a rétegvizekbe csak a vízzáró réteg sérülése esetén juthat le.



A rétegvíz a kőzetek pórusaiban helyezkedik el. A nyomást a vízzáró rétegek, a felette lévő vízoszlop, a kőzetoszlop súlya és a rétegek gáztartalma adhatja. Kialakulásához legkedvezőbb szerkezet a redőteknő (szinklinális). A vízutánpótlás ilyen esetekben leggyakrabban a felszínre bukkanó víztartó rétegen keresztül biztosítható. Ha a vízutánpótlás teljesen lehetetlen, akkor fosszilis vízről beszélhetünk, mert – a földtörténet fossziliáihoz hasonlóan – viszonylag régen keletkeztek és őrződtek meg a földfelszín alatt [3/12].

A rétegvíz a medenceszerűen elhelyezkedő víztartó rétegekből a ránehezedő nyomás miatt a felszín felé igyekezne. Ha egy ilyen helyen átfúrják a vízzáró réteget, akkor a rétegvíz artézi kútban a felszínre emelkedik. Jellegzetes artézi szerkezetek alakultak ki a szinklinális településű rétegekkel kitöltött tálszerű medencékben. Ilyeneket találunk hazánkban az Alföld alatt, a Párizsi-medencében vagy Ausztráliában (Nagy-Artézi-medence). Az artézi szó eredetéről: az északnyugat-franciaországi Lille város egyik kolostorának udvarán 1126-ban kutat ástak. A felszínközeli vízzáró kőzetet áttörve bővizű kutat sikerült fakasztani. Lille Franciaországban Artois grófság területén fekszik, és ennek nevéből származik a máig használatos elnevezés: artézi kút, artézi víz. Ha a nyomás nem elegendő a víz felszínre juttatásához, akkor szubartézi vízről beszélhetünk.

Az Alföld artézi víz készlete nem utánpótlódó, fosszilis víz, teljesen körülzárt vízlencsékkel. Éppen ezért az Alföld rétegvíz készlete véges. Az utóbbi évtizedekben napi kitermelése 4 millió m³, éves kitermelése 1,5 km³ volt, ami közelíti a Balaton 1,8 km³ vízmennyiségét [3/5].

A mélységi vizek nagyobb mennyiségben tartalmazhatnak hidrogén-karbonátot, amely főként kalciumhoz és magnéziumhoz, valamint vashoz és mangánhoz kötődik. Gyakran tartalmaznak fölös szén-dioxidot és metánt. A mélységi vizekben előfordulhat kénhidrogén, metán, széndioxid is. A metán robbanásveszélyt jelent; a nagy mennyiségű széndioxid a vizet agresszívvá teszi. A dél-alföldi rétegvizekben magas koncentrációjú az arzén tartalom is. A felszín közeli rétegekre jellemző a nitrát tartalom és a bakteriológiai típusú szennyezettség [3/6]. A különböző víztípusok között (felszíni vizek, felszín közeli vizek és mélységi vizek) a nagyobb mélységekből származó ásványvizek mikrobiológiai szempontból a legtisztábbak. A csíraszegénység elsősorban az ásványvíz származási helyével magyarázható, az összetételével kevésbé. Számos bizonyíték van arra, hogy a legszélsőségesebb feltételek között is kimutathatók élő szervezetek különböző ásványvizekben [3/13].



A vízellátási célú vízhasználatot hazánkban kb. 35%-ban biztosítják rétegvizekből (2013) [3/15].

A rétegvizek eredetük miatt számos speciális tulajdonsággal rendelkeznek. Artézi víznek minősülnek, ha a megfelelő rétegyomás miatt a kút pozitív. A mélységi eredetük miatt hőmérsékletük jellemzően legalább 30 °C, így általában termálvíznek minősülnek. Ha oldott-anyag-tartalmuk legalább 1000 mg/liter, akkor ásványvíznek, ha pedig gyógyhatásuk is bizonyítható, gyógyvíznek minősülnek.

3.2.6. Karsztvíz

A karsztvíz a karbonátos kőzetek szénsavtartalmú víz által kioldott üreg- és járatrendszerében, valamint a hegységszerkezeti nyomás vagy mozgások által kialakult hasadék- és repedéshálózatban tárolt mozgásban lévő víz. A felszínről részben beszivárgással, részben víznyelőkön át jut a hegység hasadékaiba és járataiba. A felgyülemelő karsztvíz a völgyek oldalán állandó vagy időszakos karsztforráson át jut a felszínre. A mészkőhegységekben a nagy területen összefüggő vízjáratokat a karsztvíz az ún. karsztvíz szintig tölti meg. A karsztvíz-készlet a karbonátos kőzetek (mészkő, dolomit) igen változó méretű repedéseit, hasadékait, járatait kitöltő vízkészlet.

A karsztvíztárolók esetenként a terepfelszínig érnek és így felülről fedetlenek (nyitott karsztok), míg más esetekben felülről fedettek (fedett karsztok). A nyílt karszt a felszíni eredetű szennyezésekkel szemben védtelen. A hideg karsztvizek minősége ivóvízellátásra általában megfelel.

A karsztvíz szint alatti bányászat rendkívül veszélyes, mert a hirtelen betörő karsztvíz az egész bányát elöntheti. Ez ellen úgy védekeznek, hogy nagy teljesítményű szivattyúkkal süllyeszti a karsztvíz szintjét, ami egyidejűleg a környék vízellátása szempontjából is nagy jelentőségű, mert a karsztvízzel regionális vízműveket táplálnak.

A karsztvizek a mészkő- és dolomit tartalmú kőzetekből főként kalcium- és magnézium sókat oldanak ki. Minőségükre a nagyobb keménység mellett a kis szerves anyag, valamint az alacsony vas- és mangántartalom jellemző. A karsztvizeket az ivóvízellátás szempontjából jelenleg a legjobb minőségű vízkészletnek tekintjük. Ez a megállapítás azonban elsősorban az ún. kémiai vízminőségre vonatkozik. Míg a talajvizeknél a kémiai és a mikrobiológiai



vízminőség között bizonyos összefüggés felfedezhető, karsztvizek esetében ez a kapcsolat kevésbé egyértelmű.

Nagymennyiségű vízellátási célú karsztvíz felhasználás korábban a bauxit bányászathoz kapcsolódóan, a bánya víztelenítésből származó karsztvizek hasznosításán alapult [3/5]. Vízellátási szempontból is jelentős karsztvíz készleteink vannak az észak-balatoni térségben, a bükki karsztvidéken, Aggtelek környékén és a Mecsekben. A Balaton-felvidéken egyes karsztvíz tartókban a nitrát ionok koncentrációja meghaladja a hazai ivóvízszabványban rögzített határértéket [3/4]. A vízellátási célú vízhasználatot hazánkban mintegy 11%-ban karsztvizekből biztosítják (2013) [3/15].

A felszínalatti vizekre nem jellemző, hogy lebegőanyagot tartalmazzanak. Kivétel a karsztvíz, mivel a nagyobb esőzések, vagy intenzív hóolvadás idején a vízgyűjtő területéről nagy mennyiségű szilárd állapotú talajalkotó anyag juthat a karsztvíz tartókba. Ezek a szilárd anyagok azonban nagyrészt nem kolloid állapotúak, így a karsztvíz tartókban néhány nap alatt elválnak a víztől, és az esetek döntő többségében nem jelennek meg a kiemelt vízben. Megfelelő körülményekkel üzemeltetett karsztvíz kiemelés esetén nem kell számítani lebegőanyagot is tartalmazó víz megjelenésével [3/4].

A talajvíz és a karsztvíz utánpótlásának közvetlen forrása a csapadék. A talajvizet a csapadék többé-kevésbé szennyezett talajrétegen (szemcsés közegen) átszivároghat és onnan szennyezőanyagokat kioldva éri el, ezzel szemben a karsztvíz-tartókba a csapadékvíz kis ellenállású áramlási csatornákon jut el. Bár a felszín és a karsztvíz-tartók közötti távolság általában egy nagyságrenddel nagyobb, mint a felszín és a talajvíz-szint közötti, a csapadékvíz általában rövidebb idő alatt jut el a karsztvíz-tartókba, mint a talajvízbe. A csapadékvíz a karsztvíz-tartókba több ezer év alatt az elsősorban kalciumban és magnéziumban gazdag üledékes kőzetekben kémiai folyamatok révén kialakult csatornákon jut el. Ez az útvonal a talajvíz eléréséhez szükséges áramlási közegtől (a talaj felső rétege) eltérően nem tartalmaz szennyezőanyagokat.

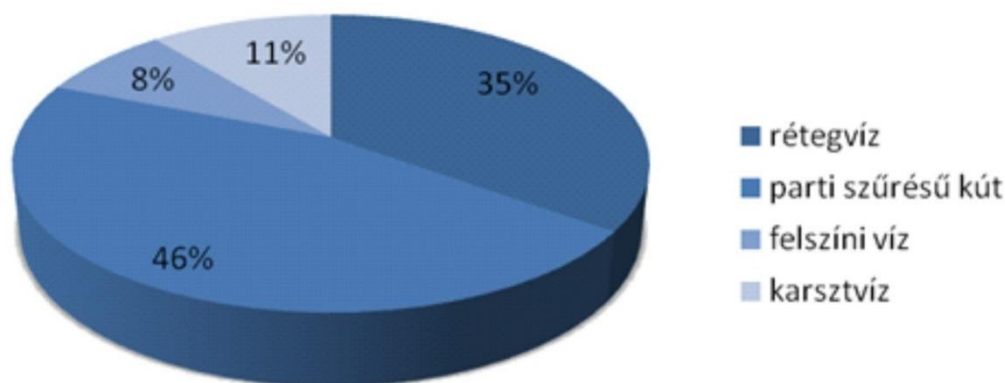
A karsztvíz minőségét alapvetően két szennyeződési lehetőség fenyegeti. Az egyik a felszíni vízgyűjtő területéről történő szennyezőanyag bemosódás, a másik veszélyt a felszínalatti vízgyűjtő területen elhelyezett hulladéktárolók jelentik. Ezek közé tartoznak az adott terület csatornázottságának hiányában megvalósított szabálytalan szennyvízelhelyezések is. A felszíni bemosódásból és a rendezetlen, felelőtlen hulladék-elhelyezésből származó



szennyezőanyagok eljuthatnak a karsztvíz tartókba. Ilyen súlyos, a város jelentős részének vízellátását érintő fertőzés történt pl. 2006 júniusában Miskolcon [3/14].

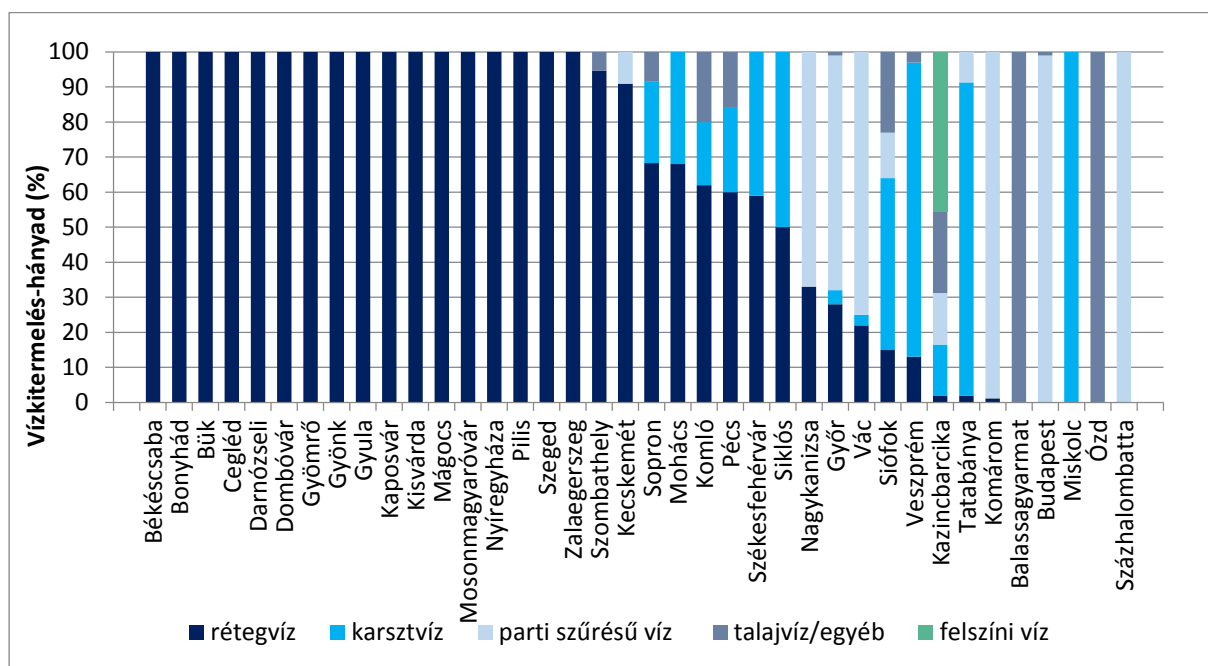
A felszínalatti vizek közül egyedül a karsztvízben találhatunk jelentős, a telítési szinthez közeli oldott oxigén tartalmat. A stabil aerob viszonyok, valamint a felszínnel való többé-kevésbé zavartalan kapcsolat miatt aerob mikroorganizmusok jelentős számban előfordulhatnak a karsztvizekben. Hasonló okokból kén-hidrogén, ammónium ionok valamint illékony szénhidrogének (metángáz) jelenlétével azonban nem kell számolni. A tartósan aerob körülmények miatt oldott állapotú vas-, mangán- és arzén-vegyületek sem fordulnak elő a karsztvízben. Karsztvizeinkben a szerves és szervesetlen mikroszennyezők koncentrációja általában nem közelíti meg az ivóvízszabványban megengedett értékeket. Fokozott figyelmet kell azonban fordítani a karsztvíz-tartók vízgyűjtő területének környezetvédelmére, vízminőség-védelmére, hogy a jelenlegi kedvező vízminőségi állapot hosszú ideig fenntartható legyen.

Bár a karsztvizek oldott anyag (só) tartalma nem haladja meg az ivóvízszabványban meghatározott határértéket, egyes komponensek tekintetében sor kerülhet határérték túllépésre (Ca- és Mg-sók). A határértéket meghaladó keménység egészségügyi ártalmat nem okoz, de a vízkökválások a lakásokban található szerelvényekben, a fűtést biztosító berendezésekben jelentős károsodást okozhatnak, illetve a hőátadást csökkenthetik. Karsztvizek felhasználásánál erre a lehetséges kellemetlen hatásra is figyelmet kell fordítani [3/4].



18. ábra. A hazai ivóvízellátás számára kitermelt ivóvíz források szerinti megoszlása, 2013

[3/16]



19. ábra. Néhány hazai vízszolgáltató vízbeszerzésének megoszlása az egyes vízbázisok között; 2010 [3/1], [3/2]

3.3. Vízkezelési technológiák és hatásuk a vízminőségre

A víztisztítás célja, hogy a nyersvizet a fogyasztási igényeknek megfelelő minőségűvé alakítsa. A kutakból, folyókból, tavakból kivett vizet víztisztító művekbe vezetik, ahol a nyersvíz minőségének függvényében több lépcsőből álló tisztítási eljárással távolítják el a vízből a szennyeződések. A tisztítás során különböző eljárásokat alkalmaznak, hogy a kezelt vízből eltávolítsák a nem kívánatos anyagokat, vagy azokat elfogadható anyagokká alakítsák. A kiinduló nyersvíz minősége nagyon eltérő, ezért a víztisztítási technológia is nagyon sokrétű [3/6].

A tisztításra szoruló vizek legnagyobb hányada többféle vízkezelési eljárás (technológiai műveletsoron) esik át. A közműves vízellátás során kezeletlen vízzel sosem találkozunk. Kezelés nélkül szennyvizek sem engedhetők ki. A vízkezelési- valamint szennyvíztisztítási eljárások ugyanazon fizikai, fizikai-kémiai és biológiai, biokémiai módszereket alkalmazzák a vízben levő komponensek eltávolítására. Azonos bennük az is, hogy ezek a módszerek a természetben is lejárvó folyamatokat valósítják meg. A tisztítás-technológiai eljárások a természetben zajlvó folyamatokat utánozzák: az alapelvben hasonlóak, de a tisztítási eljárás



során azt a természetbeninél koncentráltabb, azaz intenzívebb formában valósítják meg [3/21].

A víz tisztításának feladatai [3/12]:

- nagyméretű uszadékok (levelek, faágak stb.);
- kisméretű lebegő kolloid méretű szilárd szemcsék (pl. agyag és iszapszemcsék, mikroorganizmusok);
- oldott anyagok (szervetlen sók, fémionok, keménységet okozó sók, nagy molekulájú szerves anyagok, növényvédő szerek);
- oldott gázok (széndioxid, metán, kénhidrogén stb.);
- vízben nem oldódó folyadékok

eltávolítása.

A víz minőségének az alábbi pontokon kell megfelelnie a 201/2001. Kormányrendeletben [3/1] foglalt előírásoknak:

- a) elosztó hálózathoz tartozó víz esetében a létesítményen belül azon – a külön jogszabály szerinti – vízkivételi helyen, ahol emberi fogyasztás céljára rendeltetésszerűen vételeznek vizet;
- b) tartályból történő vízellátás esetén, ahol a vizet a tartályból kieresztik;
- c) kereskedelmi forgalomba kerülő edény (tartály, ballon, palack) esetén azon a ponton, ahol a vizet az edénybe töltik;
- d) élelmiszeripari vállalkozásnál használt ivóvíz esetében azon a ponton, ahol az ivóvizet a vállalkozás használja, üzemeltetőtől átvett ivóvíz esetén az átadási ponton is.

A közműves, tartályos, palackozott vizek szolgáltatását precíz rendeletek szabályozzák, a minőségi követelmények betartását a hatóságok törvények és rendeletek szabta keretek között folyamatosan és szigorúan ellenőrzik. A vízszolgáltató a hálózatba az előírásoknak megfelelő minőségű vizet táplál. A minőségi követelményeknek azonban nem csak a betáplálási pontnál, hanem a vízvételi helyen is ki kell elégítenie a 201/2001. Kormányrendelet [3/1] előírásait. Az épületgépészeti tervezés, kivitelezés és üzemeltetés feladata a hálózatban esetleg kialakuló másodlagos vízminőség romlás megakadályozása.



A szennyező anyagok eltávolítása során különböző, az eltávolítandó anyag tulajdonságaitól függő fizikai, kémiai és biológiai eljárásokat alkalmaznak. Az 5. táblázat [3/12] alapján a szennyeződések mérete függvényében mutatja az alkalmazott tisztítási eljárásokat.

5. táblázat. A szennyeződések mérete függvényében alkalmazott tisztítási eljárások ([3/12])

Részecske méret, mm	10 ⁻⁸	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹	1	10	10 ²
A szennyezőanyagok jellege	Valódi oldat			Kolloid szuszpenzió		Lebegő és úszó szilárd részecskék					
Tisztítási eljárás	Kicsapás (lecsapás), gázkiűzés, ioncsere, fordított ozmózis, elektrodialízis, adszorpció					Keramikus mikroszűrő			Szűrés rácson és szitaszöveten		
								Ülepítés, flotálás			
						Szűrés szemcsés anyagon, mikroszűrés					
						Kémiai koaguláció					
	Biológiai oxidáció										

A fizikai eljárások a szennyezőanyagok fizikai jellemzőit – méret, sűrűség, viszkozitás, hőmérséklet – használják fel a tisztítás során. Ilyen eljárások a szűrés, ülepítés, gáztalanítás, hőcsere. A kémiai eljárások elsősorban a szennyező anyagok kémiai tulajdonságaitól függenek, ezek határozzák meg az eljárás során adagolandó reagensek tulajdonságait. Kémiai tisztítási folyamatok a derítés, a kicsapás, ioncsere, lágyítás, vas- és mangántalanítás, arzénmentesítés. A biológiai eljárásokat a visszamaradó oldott és kolloid méretű szervesanyagok eltávolítására alkalmazzák. A biokémiai folyamatok végbemehetnek a levegő oxigénjének jelenlétében (aerob folyamatok), vagy attól elzárva (anaerob).

A hazai vizeknél jellemzően alkalmazott kezelési eljárásokat [3/12] alapján a 6. táblázat foglalja össze.



6. táblázat. A különböző eredetű vizeknél alkalmazott kezelési eljárások [3/12]

A víz eredete	Kezelési eljárás	Kiegészítő kezelések
Tározott víz	mikroszűrés fertőtlenítés stabilizálás	rapid koaguláció kémiai oxidáció adszorpció levegőztetés
Folyóvíz	szűrés rácson szitaszűrés derítés gyorsszűrés fertőtlenítés	levegőztetés ülepítés kémiai oxidáció adszorpció savtalanítás kétrétegű szűrés lassú szűrés
Rétegvíz	fertőtlenítés	vas- és mangántalanítás, hűtés sótalanítás, metánmentesítés arzéneltávolítás ammónia-eltávolítás huminsav-eltávolítás
Parti szűrésű víz	fertőtlenítés	vas- és mangántalanítás nitrátmentesítés ammóniamentesítés
Talajvíz	fertőtlenítés	nitrátmentesítés kloridion-eltávolítás lágylítás

A tisztításra kerülő vízből először az uszadék jellegű nagyobb szennyeződésekkel kell eltávolítani. Ez rácsokkal, dobszűrővel, szalagszűrővel történik. Ez után történik a lebegő, könnyen ülepezhető anyagok eltávolítása homokfogóval, hidrociklonnal, ülepítéssel. Ha a szemcseméret 0,1 mm alatti, akkor összetettebb ülepítés szükséges, amit derítésnek neveznek. Ennek során vegyszeradagolással (alumínium-szulfát, vas-szulfát stb.) a kis szemcsékből ún. makropelyeket hoznak létre, amelyek már ülepezhetők. Ezután a vizet átengedik egy szűrőrétegen – amely kavics, homok vagy egyéb anyagból áll – ami vízben lévő lebegőanyagot kiszűri a vízből. A kellemetlen mellékíz és szagot okozó anyagok eltávolítására aktív szén szűrést vagy ózonos kezelést alkalmaznak. A szűrés után következik a savtalanítás, amelynek célja a vízben lévő szén-sav eltávolítása. Ilyenkor



levegőztetéssel megnövelik a víz oxigéntartalmát, így a víz frissebbé és kevésbé savanyúvá válik. Ha a vízben bizonyos mennyiségnél több oldott vas és mangán fordul elő, akkor a víz csőben való szállításra, ivó- és ipari víz céljára alkalmatlanná válik, ezért ezeket oxidálással és szűréssel el kell távolítani [3/6].

Ha a vízben nitrát található, annak eltávolítása ioncserével történik.

A vízben oldott sók is találhatók, amelyek szűréssel nem távolíthatók el. Ha ezek nagy mennyiségben fordulnak elő, a vizet keménnyé teszik, ezért szükséges ezek koncentrációjának csökkentése. Ezt szolgálja a vízlágyítás. A tisztítási technológia végén kerül sor a vízben lévő patogén baktériumok és ionok elpusztítására. Az eljárás lehet csírátlantás és fertőtlenítés. Ez történhet szűréssel és oxidációval. Ez utóbbinál klórt, ózont, kálium-permanganátot vagy egyéb anyagokat adagolnak. Legelterjedtebb a klór alkalmazása [3/6].

3.3.1. Szűrés

A szűrés során a vízből a benne eloszlott szilárd részecskéket porózus rétegen való átáramoltatással választják el. Elvi alapja, hogy a szűrőréteg pórusainak mérete kisebb, mint a közegből eltávolítandó szilárd részecskéké.

Felszíni eredetű vizek esetében a tisztítás első lépése a víz durva előszűrése nagy rácsméretű gerebeken és szűrőkön. A szűrési folyamatban előrehaladva az alkalmazott szűrők résmérete és a rajtuk fennmaradó szennyeződések mérete egyre kisebb. A szűrőket rendszeresen tisztítani kell mechanikai úton vagy visszamosatással. Az elszennyeződés következményeként a szűrők nyomásvesztesége folyamatosan nő, az átbocsátott vízmennyiség pedig csökken. A visszamosatási ciklusokat célszerűen a nyomásveszteség előre meghatározott értékéhez kötik. Az elszennyeződött szűrő nem csak a szűrés hatékonyságát rontja, hanem a rajta felhalmozódó szennyeződésben mikrobiológiai folyamatok indulhatnak be, és maga a szűrő válhat további szennyeződések forrásává.

A szűrés hatékonysága a vízben lebegő anyagok méretének növelésével javítható. A koaguláció az a folyamat, amelynek során a kolloid részecskék nagy tömeget képezve összeállnak (koagulátum). Ez különböző anyagok hozzáadásával váltható ki. Előidézhető ionok hozzáadásával, ami az oldat ionerősségének megváltoztatásával destabilizálja a kolloidot. A leggyakrabban alkalmazott koaguláló vegyszerek a három vegyértékű alumínium



és a három vegyértékű vas sói, az alumínium-szulfát $[Al_2(SO_4)_3]$ és a vas (III)-szulfát $[Fe_2(SO_4)_3]$. A flokkuláció (pelyhesítés) alatt a koagulátumok nagyobb, könnyebben ülepezhető és a nyíróerőkkel szemben ellenállóbb pelyhekké (flokkulum) állnak össze, melynek elősegítésére szálal-fonalszerű derítőszerkezet (pl. poliakrilamidot, alginátot, aktivált kovasavat) adagolnak lassú keverés közben a vízbe.

3.3.2. Ülepítés

Az ülepítés (vagy dekantálás) keverékek szétválasztására szolgáló folyamat. A vízben lebegő szennyeződések a gravitációs, felhajtó- és súrlódási erők eredője hat. Az ülepedés során a diszperz szennyezőanyag részecskéi elkülönülnek a diszperziós közegtől a részecskék és a közeg sűrűségkülönbsége alapján, a nehézségi erő vagy a centrifugális erő hatására. Az ülepítés hatékonyságát az áramlási sebesség csökkentésével és a tartózkodási idő emelésével lehet növelni. A természetben is jól megfigyelhető, hogy álló víz és elegendő idő rendelkezésre állása esetén a víz a kiülepedés következtében a zavarosságot okozó lebegőanyagoktól mentessé válhat. Ipari víztisztítási folyamatokban ennek kivitelezésére általában nincsen mód. A leghatékonyabb ülepítést ott lehet elérni, ahol a felfelé irányuló áramlás számára rendelkezésre álló keresztmetszet folyamatosan növekszik, és így az áramlási sebesség folyamatosan csökken (pl. Dorr-ülepítők) [3/12].

A derítés összetett folyamat: a folyadékban lebegő szennyeződések eltávolítása a gravitációs hatás kihasználásával (ülepítés) úgy, hogy előtte koagulálást és flokkulálást alkalmaznak.

$$\text{Derítés} = \text{Koagulálás} + \text{Flokkulálás} + \text{Ülepítés} [3/22]$$

3.3.3. Membránszűrés

A membránszeparáció vagy membránszűrés lényege, hogy hatására szelektív transzport megy végbe egy membránon keresztül. A művelet lényegét jelentő membrán olyan válaszfal, amely szelektív áteresztő képességénél fogva az anyagok szétválasztását többnyire kémiai átalakulás nélkül teszi lehetővé. A membrán közbelső fázisként szolgál két fázis elválasztásakor; aktív, vagy passzív válaszfalként résztvevője a vele érintkezésben lévő fázisok közötti anyagátvitelnek. A membrántechnológia alkalmazása egyre szélesebb körben terjed el, nem csak a szennyvíztisztítás területén, hanem a vízkezelésben is. Sokáig a magas költségek miatt nem alkalmazták széles körben, mint ahogyan azt hatékonysága indokoltá tette volna.



Beruházási és üzemelési költségei is igen magasak. A membránt rendszeresen regenerálni kell; amennyiben pedig nem folyamatos az üzem, a konzerválása is nagyon fontos. A membrán élettartama korlátozott.

Vízisztító művek esetében a membrántechnológiai eljárások közül a mikroszűrés illetve az ultraszűrés a gyakori eljárások. A mikroszűréshez (0,1 – 1 µm tartomány) a membrán két oldalán 1 – 5 bar nyomáskülönbséget hoznak létre; ennek hatására a víz és a nagymolekulájú oldott anyagok áthatolnak a membránon. Így mikroszűréssel eltávolítható a baktériumok és az egyéb mikroorganizmusok egy része. Ultraszűrésnél (0,1 – 1 µm tartomány) az 1 mikrométeresnél kisebb pórusokkal rendelkező membrán két oldalán elhelyezkedő oldatok 5-10 bar nyomáskülönbsége adja a fizikai-kémiai hajtóerőt. Ebben az eljárásban a membránon már csak a vízmolekulák és a kisméretű oldott molekulák hatolhatnak át. A membrán üzemeltetése komoly problémát jelent a membránhibák detektálásának nehézsége. Ennek következménye a permeátumban (a membránon átjutott tisztított közegben) megjelenő mikrobiológiai szennyezés lehet [3/5].

3.3.4. Vas- és mangánmentesítés

A vas- és mangán fogyasztása nem káros az emberi szervezetre; a vasra kimondottan szüksége is van, azonban esztétikai okokból ezeket a komponenseket is el kell távolítanunk a nyersvízből. A vas a felszín alatti vizekben redukzív körülmények között, oldott állapotban van jelen. A felszínre kerülve azonban amint oxidálódik, rosszul oldódó vegyületté válik, és barnás színű csapadék formájában jelenik meg. Az oxidáció megtörténhet a vízkezelési eljárások során, de nagy oldott oxigéntartalmú vízzel keveredve magában a vezetékhálózatban is. A csapadék hajlamos lerakódni a vezetékhálózat alacsonyabb áramlási sebességű szakaszain, majd az áramlási irány vagy sebesség gyors változásakor felkeveredni. Ez a csapadék érzékszervi szempontból a vizet közvetlen emberi fogyasztásra alkalmatlanná teszi; mosáskor a ruhát elszennyezi.

A talajvízben, bizonyos körülmények között a parti szűrésű vízben a redukzív jelleg miatt a vízben jól oldódó vas(II) (Fe^{2+}) vegyületek fordulhatnak elő. Ahhoz, hogy a vasat valamilyen szilárd/folyadék fázisszétválasztási technológiával el lehessen távolítani a vízből, először vízben rosszul oldódó vas(III) vegyületté kell alakítani. A vastalanítási technológia tehát a



következő alapfolyamatokból áll össze: oxidáció, kémiai kicsapítás, szilárd-folyadék fázisszétválasztás (szűrés).

Néhány oxidálószer redox-potenciálja:

- | | |
|--|----------|
| • Vízben oldott oxigén (semleges közegben): | +0,815 V |
| • Vízben oldott oxigén (savas közegben): | +1,229 V |
| • Ózon (lúgos közegben): | +2,07 V |
| • Hypo-klórossav (semleges-savas közegben): | +1,49 V |
| • Kálium-permanganát (KMnO_4 , savas közeg): | +1,69 V |
| • Kálium-permanganát (lúgos közeg): | +1,85 V |
| • Hidrogén-peroxid: | +2,14 V |

A vas oxidálása a fent említett vegyszerek alkalmazásával megoldható. Mangántalanításnál a feladat a vízben jól oldódó mangán(II) (Mn^{2+}) vegyületek vízben rosszul oldódó mangán(IV) vegyületté alakítása. A technológiai lépések azonosak, mint a vas esetében. A vas oxidálására maga a levegő is alkalmas lehet, a mangán azonban ez csak alacsony koncentráció esetén működik káliumpermanganát (KMnO_4) katalizátor mellett, egyébként valamilyen erősebb oxidálószerrel igényel [3/5].

A csapadékot képező vas- és mangánoxidok eltávolítását szűréssel végzik, amelynek hatékonyságát pelyhesítő szerek adagolásával lehet növelni.

3.3.5. Arzénmentesítés (ld. még az 1.2.1.1. fejezetet)

Hazánkban a magas arzénkoncentrációjú vízbázisok felszín alatti rétegvizek. Az EU csatlakozás részeként zajló jogharmonizáció következményeként az ivóvízben megengedhető maximális arzénkoncentráció Magyarországon a korábbi 50 $\mu\text{g/l}$ helyett 2001 októberétől 10 $\mu\text{g/l}$ lett. Az EU előírásokkal egyező határérték betartása alól 2009. december 25-ig volt felmentésünk. A határérték szigorodása kb. 1,3 millió fogyasztót érint az országban. Az 1. fejezetben látható 1. ábra hazai településeink ivóvízellátásának arzénnal való érintettségét szemlélteti.



A mélységi vizekre jellemző reduktív környezetben az arzén jellemzően három vegyértékű (arzenit, As(III)), oldott formában fordul elő. Öt vegyértékű frakció (arzenát, As(V)) előfordulása alacsonyabb mértékű. Az arzénmentesítés technológiájának megválasztásához elengedhetetlenül szükséges a tisztítandó vízben jelenlévő arzénformák ismerete. Az arzénformák határozzák meg az alkalmazható technológiát, az előoxidáció szükségességét. A jelenleg rendelkezésre álló arzénmentesítési technológiák három nagy csoportba oszthatók, amelyek lehetnek:

- hagyományos technológiák (koaguláció, vas-mangán eltávolítás, meszes lágyítás),
- adszorpciós eljárások (aktivált alumínium-, illetve vas(III)-oxid) és
- membrántechnológiák (fordított ozmózis, amely valamennyi komponenst eltávolít a vízből, valamint nanoszűrés, mikro- vagy ultraszűrés, azonban ezek előtt koagulációt kell megvalósítani). [3/22]

Jelenleg (2017) az ország számos településének vízellátó rendszerében zajlik a költséges arzénmentesítési technológia megvalósítása. Ahol erre lehetőség van, az arzénmentesítés megkerülhető az arzént határérték feletti koncentrációban tartalmazó víznek határérték alatti vízzel való keverésével. Ilyen megoldást alkalmaznak pl. Békés megye egyes déli területein, ahol a helyi rétegvizekhez adagolnak Romániából csővezetéken importált határérték alatti vizet a követelményérték betartásához.

3.3.6. Fertőtlenítés

A fertőtlenítés célja, hogy az emberi fogyasztásra szánt ivóvízben lévő mikroorganizmusok elpusztuljanak, illetve elveszítsék fertőzőképességüket. A közüzemi vízszolgáltatásban az ivóvizet akkor is fertőtlenítik, ha az egyébként nem is tartalmaz fertőző mikroorganizmusokat: megfelelő védelmet kell adni az ivóvíznek a hálózatban bekövetkező esetleges fertőzésekkel szemben is.

A vízkezelési gyakorlatban a következő fertőtlenítési eljárásokat alkalmazzák:

- klórgáz és nátriumhipoklorit,
- klórtartalmú vegyületek (klórdioxid, klórmész, klóramin stb.),
- ózon,
- UV-sugárzás,
- ultrahang,



- nehézfém-ionok,
- jód vagy bróm vegyületek,
- káliumpermanganát,
- mész,
- forralás. [3/12]

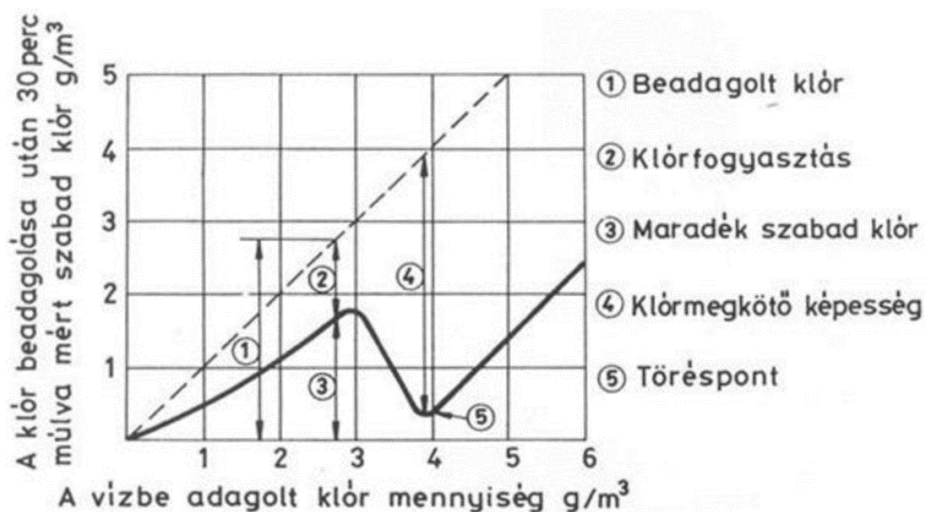
Fertőtlenítésre legáltalánosabban a klórt és vegyületeit alkalmazzák. Egy a Fővárosi Vízműveknél végzett kísérlet-sorozat azt mutatta, hogy a klóros fertőtlenítés lényegesen hatékonyabb, mint például az UV-sugárzással végzett [3/7]. A következőkben a klórgázzal és a klórdioxiddal történő fertőtlenítést tárgyaljuk.

3.3.6.1. Fertőtlenítés klórgázzal

A klórgáz vízbe történő adagolásakor többféle reakció zajlik le. A klór reakcióba lép a vízben található redukáló anyagokkal, az oldott szerves vegyületekkel. Néhány gyűrűs szerves vegyülettel történő reakció eredményeként keletkező vegyületek rontják a víz ízét és szagát. A klór vízbe való adagolása során sósav és hipoklórsav képződik. A hipoklórsav a sejtek szerves anyagaival, elsősorban fehérjéivel lép reakcióba, aminek eredményeként a sejtek elpusztulnak.

A víztisztító művekben a fertőtlenítéshez szükséges klór mennyiségének meghatározásához klóremesztési vizsgálatokat végeznek. A vízhez fokozatosan növekvő mennyiségű klórt adagolnak, majd megfelelő tartózkodási idő után mérik a maradó klórtartalmat (a maradó klórtartalom feladata a hálózatban bekövetkező fertőzések elleni védekezés). A beadagolt klór függvényében a maradó klórtartalmat ábrázolva kapjuk meg a törésponti görbét.

A vízbe adagolt klórnak csak egy része használandó el fertőtlenítésre, más részét a szerves (pl. fenolok) anyagok kötik le (20. ábra). A töréspontban hirtelen lezajlik az oxidáció. A görbe töréspontjánál lehet leolvasni víz maximális klórszükségletét, klórmegkötő képességét. Az ezen klórszükséglet felett beadagolt klór a vízben már maradó klórtartalomként jelenik meg. A klór megkötődéséhez bizonyos időre van szükség. Ez a gyakorlatban általában 30 perc.



20. ábra. A szabad klórmennyiségének alakulása a beadagolt klór függvényében [3/22]

A fertőtlenítéshez szükséges klór mennyiségét úgy határozzák meg, hogy a kezelendő víz egy mintáját túlklórozzák, és egy bizonyos idő múlva meghatározzák a feleslegben levő klór mennyiségét. A kettő különbsége megadja a szükséges klór mennyiségét. E meghatározást nagyon pontosan kell elvégezni, hogy a víz tökéletes fertőtlenítését biztosító klór mennyiségét használhassák, de ugyanakkor minél kevesebb klór maradjon feleslegben, mivel ez erősen korrozív, tehát semlegesíteni kell, vagy el kell távolítani, ami aránylag költséges folyamat.

A klór a vízben található szerves anyagok egyes csoportjaival reakcióba léphet és daganatos megbetegedést is okozó THM (trihalo-metán) vegyületek képződését okozhatja. Mivel a THM vegyületek rákkeltő hatásúak, ezért a szabvány rögzíti az ivóvízben megengedhető maximális koncentrációjukat. A jelenleg érvényes szabályozás szerint a megengedett összes THM szint 50 $\mu\text{g/l}$ [3/22]. A káros fertőtlenítési melléktermékek eltávolítása érdekében a törésponti klórozás után aktív szén adszorber beiktatása javasolt. A törésponti klórozás további hátránya a szagrontó klóraminok keletkezése. A törésponti klórozás alkalmazásával a víz ammónium tartalma tehát klóraminokká alakul, így ez a technológia alkalmas a víz ammónium tartalmának csökkentésére. Más megközelítésben viszont a vízben jelen lévő ammónium gátat szab a klórral történő fertőtlenítés hatékonyságának [3/5].

A klór fertőtlenítési hatékonysága a tartózkodási idő (t) és a behatások végén kimutatható szabad klórkoncentráció (C) szorzata döntően befolyásolja. A $C \cdot t$ szorzat szükséges értéke szalmonellákra 15 min \cdot mg/l feletti, coliform baktériumokra 6 – 30 közötti, klórral elpusztítható vírusoknál 10 – 60 min \cdot mg/l közötti.



3.3.6.2. Fertőtlenítés klórdioxiddal

A klórdioxid (ClO_2) zöldessárga, vízben és vizes oldatokban jól oldódó gáz. A klórgáznál sokkal hatékonyabb fertőtlenítőszer. A papíriparban a klór helyett használják a cellulóz fehérítésére, mert a klórt alkalmazó technológia veszélyes karcinogén dioxin képződésével jár. Másik legfontosabb alkalmazási területe az ivóvíz fertőtlenítése. Ilyen célra elsőként a Niagara vízesés melletti Niagara Falls városkában alkalmazták 1944-ben a klór helyett. A klórdioxid ugyanis több előnyös tulajdonsággal rendelkezik a klórral szemben. Miközben fertőtlenítő hatása a legtöbb alkalmazásban felülmúlja a klórét, attól eltérően nem klórozza a szerves vegyületeket. Niagara Fallsban korábban a vízben lévő fenol okozta a problémát, a klór ugyanis azt klórfenollá alakította, és ez a víznek nagyon kellemetlen ízt adott. [3/24]

Alkalmazásának nehézségét az adja, hogy ha a gázfázisú klór-dioxid és a levegő normál állapotú keverékében a klór-dioxid a parciális nyomása 10 kPa fölé emelkedik, robbanásszerűen szétbomolhat alkotóelemeire, klórra és oxigénre. A robbanást kiválthatja például fény, forró felület, lökéshullám, vagy akár kémiai reakció is. Szállítása ezért kockázatos, számos országban nem is engedélyezett; általában az előállítás helyén fel is kell használni. A legcélszerűbb előállítási mód a sósav és nátriumklorit keverése. A klórdioxidot a víz térfogatáramának függvényében automatikusan kell adagolni a vízbe úgy, hogy a maradó klórdioxid tartalom ne haladja meg a 0,2 mg/l-t, de ne is legyen kisebb 0,05 mg/l-nél. [3/23]

Alkalmazásának előnye, hogy nem befolyásolja a víz ízét és illatát, pH értékét. [3/25]

A legtöbb esetben a klórnál hatásosabb fertőtlenítő a víz által terjesztett patogén mikrobák, például a vírusok, baktériumok és protozoák ellen. A klór-dioxid képes a baktériumokat, gombákat és vírusokat igen rövid idő alatt elpusztítani, miközben az emberre nem veszélyes. Hatékony a vízben lebegő „planktonikus”, és a biofilmben (ld. 4.4. fejezet) található baktériumok, így a Legionellák ellen is. Fertőtlenítő hatása széles tartományban független a víz pH-jától. A klór-dioxid a baktérium fehérjéjének egyik aminosavát, a ciszteint támadja meg.

3.3.7. Házi vízkezelő berendezések

A vízművek által szolgáltatott ivóvíz jó minőségének a teljes hálózatban történő fenntartásához meg kell előzni a másodlagos vízminőség romlást. Az ivóvízminőség



változását befolyásoló tényezők között sok más fontos körülmény mellett szerepel a csőhálózat állapota is. Akár az újonnan létesített, de főleg a már üzemelő vízhálózatokban a vezetékhálózat anyaga szennyezőanyagok forrása lehet: oldott és lebegő szennyeződések juthatnak a csőanyagból a szállított vízbe. Az oldott anyagok határértéken belül maradását segíti elő, ha kizárólag ivóvízre engedélyezett csőanyagokat (MSZ EN 12502 szerint) alkalmazunk. A nyersvíz nem kívánt oldott anyagainak kivonására a vízszolgáltatók technológiája szolgál, ez házi vízellátó rendszeren belül költséghatékonyan és a víz értékes ásványi alkotóelemeinek megőrzésével nehezen kivitelezhető. A lebegő szennyeződések, például korróziótermékek, fémforgács, kócsmaradványok, homokszemcsék, stb. kiszűrése ellenben a teljes üzemelés során fennálló feladat, mivel ezek a szennyeződések táptalajként és a belőlük képződő lerakódások fedezékként szolgálnak a mikroorganizmusok számára.

Háztartási vízszűrő, vízlágyító berendezés megválasztásánál alapvető szempontként elmondható, hogy olyan mértékű szűrést kell alkalmaznunk, ami a nem kívánt szennyeződések az ivóvízből kiválasztja, de benne hagyja azokat az eredet szerint a vízben megtalálható ásványi anyagokat (pl. kalcium, magnézium, stb.) amik az emberi szervezet számára fontosak, hasznosak.

A szűrési megoldás megválasztásánál fontos, hogy érvényesüljön a rendszerszemlélet, minden peremfeltételt mérlegelve válasszunk szűrőt:

- a szűrési finomságot a maximális védelem és az áramlási veszteség figyelembe vételével határozzuk meg;
- a szűrési finomság mellett az elegendő nagyságú szűrőfelület is fontos;
- körütekintően válasszuk meg a szűrőbeépítés helyét;
- törekedjünk költséghatékonyságra is, hogy ez ne legyen indoka a szűrés elhagyásának, kevésbé hatékony megoldás választásának;
- a szűrőkarbantartás legyen megoldott: az elhanyagolt szűrő többet árt, mint használ, baktérium-tenyészté válhat.

A szűrő tisztítása már a vízellátó rendszer üzembe helyezése előtt szükséges, a rendszer átöblítése után, a létesítmény fő elzáró szerelvényétől kezdődően a legtávolabbi vízvételi hely felé haladva. Az átöblítést követő szűrőkarbantartás során a szűrőbetétet és az egyéb szerelvények szennyezőit ki kell tisztítani. Ha a nyomáspróba vízzel történik és a rendszer



beüzemeléséig hosszabb idő (> 7 – 10 nap) telik el, akkor a vezetékhálózatot használatba vétel előtt fertőtleníteni kell.

A szűrőkarbantartás könnyítésére elterjedt megoldás a *visszaöblíthető szűrők* alkalmazása. Ennél a kivetelnél a fordított, belülről kifelé haladó vízáramlás a szűrő külső felületéről lemossa a kiszűrt szennyezőanyagokat úgy, hogy közben nincs ivóvíz-szolgáltatási szünet. A szűrőből a visszamosatás időtartama alatt is szűrt víz jut ki, a szűrőnek egy másik csatornáján áthaladva.

A visszamosatás több módon indulhat:

- kézi üzembehelyezéssel,
- időkapcsoló jelére,
- villamosan vezérelve, az érzékelt, megnövekedett nyomáskülönbség hatására, nyomáskülönbség-függő előnykapcsolással.

Beruházási költséget kímélőbb megoldás a fenténél a *mosható szűrő*: itt a készülék alján található szelep kinyitása után az ivóvíz nagyobb sebességgel áramlik a szűrőbetét mellett, és az azon lévő, lazábban kötődő szennyeződések lemossa. Szűrőbetét csere itt is csak ritkán esedékes, és amennyiben gyakrabban öblítjük át a szűrőt, mint ahogyan az egy visszamosható szűrőnél szükséges, akkor ugyanaz a szűrési hatásfok érhető el [3/26]. Ezeknél a szerelvényeknél az általában rozsdamentes acél szűrő átlátszó szűrőcsészébe van beépítve, így az üzemeltető/felhasználó a szennyeződés látható mértéke alapján dönthet a szűrőmosásról, a csökötés megbontása, az ivóvíz-szolgáltatás szüneteltetése nélkül.

Egy berendezés védelmére szolgálnak általában a *cserélhető betétes szűrők*. A szűrőbetétek pórusmérete széles tartományon ($1 \div 100 \mu\text{m}$) belül választható, anyaguk lehet szálhúzott vagy száltekercselt polipropilén, rozsdamentes acél, stb. Kiválasztásuknál figyelembe kell venni, hogy átfolyási teljesítményük kisebb a visszaöblíthető, illetve a mosható szűrőkénél [3/27]. Kialakítástól függően a szűrőbetétek felülete lemosható, de fokozott karbantartást igényel a szűrőbetét porózus jellege miatt.

Háztartási vízellátó rendszerekben gyakran merül fel az igény a víz *íz- és szaganyagainak* kiszűrésére. Erre leggyakrabban nagy fajlagos felületű szűrőanyagot alkalmaznak, pl. aktívszenes szűrőt, esetleg fertőtlenítő hatású ezüsttel impregnált formában. Az ilyen típusú szűrők éppen a nagy szűrőfelület miatt állandó odafigyelést igényelnek, az előírt szűrőcserét



nem szabad mellőzni. Nehézséget okozhat, hogy a szűrőcsere gyakorisága a használat mértékétől is függ, nincs visszajelzés a szűrőbetét állapotáról.

A német szabvány az ivóvízhálózatokba $80 \div 100$ mikronos szűrő beépítését írja elő, de elérhetők 20, 50 mikronos kivitelűek is. Ezek közül a választás egyik fő szempontja, hogy elegendően nagy legyen a rendelkezésre álló hálózati nyomás. Amennyiben a rendszerbe nyomáscsökkentő is be van építve, úgy a szűrőt célszerűen ez elé kell beépíteni.

A másodlagos vízminőség romlás elősegítője lehet a lerakódott vízkő is, amely üreges szerkezetével kedvez a baktériumok szaporodásának. Emiatt a baktérium túlszaporodás megelőzését a *vízlágyítók* is szolgálhatják. A piac különböző működési elven alapuló berendezéseket kínál vízlágyításra, a választást itt is komplex megközelítésben kell megtenni:

- csak a felhasználás szempontjából kedvezőtlen anyagokat vonjuk ki a vízlágyítás során, az emberi szervezet számára hasznosakat ne;
- a vízlágyító beépítése elsősorban a berendezések (kazán, bojler, háztartási gépek stb.) védelmét, vízzel érintkező szaniterek, csaptelepek, burkolatok könnyebb takaríthatóságát szolgálja; emiatt ivás, főzés céljára a vízlágyítóval felszerelt létesítményekben célszerű néhány csapolón meghagyni a lágyítatlan víz vételezésének lehetőségét, amennyiben ez megoldható.

A *fizikai elvű vízlágyítás* során a víz kémiai összetétele nem változik meg, csupán azt akadályozza meg a berendezés, hogy a vízből kiváló vízkő masszív bevonattá álljon össze [3/28], [3/29].

A *kémiai vízlágyítás* általában ioncsere elvén történik, amikor a vízkövet okozó vegyületekben a Ca- és Mg-ionokat Na-ionokra cserélik, és az így keletkező sók már nem képeznek vízkőbevonatot. Ennek ára az emberi szervezet számára értékes ásványi anyagok kivonása, ezért leginkább a berendezések védelmére javasolt. Az ioncsere általában műgyanta oszlopon történik. Előnye a készüléknek, hogy lágyítatlan víz hozzákeverésével a kezelt víz keménysége beállítható. A folyamatos lágyvíz szolgáltatást ikeroszlopos berendezéssel lehet biztosítani, ahol a lecserélt ionokkal feldúsult gyantátöltet visszamosással történő regenerálása alatt a másik oszlopon zajlik a vízlágyítás. Amennyiben a gyantaágyas vízlágyító berendezést nagyobb vízhálózat (német értelmezés szerint 400 liternél nagyobb rendszerűrtartalom esetén) részeként, változékonny vízfogyasztás mellett alkalmazzuk, fontos a gyantaoszlop/gyantaágy időszakos fertőtlenítése a baktérium-elszaporodás megelőzésére.



A kémiai vízlágyítás másik lehetősége különböző vegyszerek adagolása, ami azonban ivóvízes hálózatok esetében a fogyasztók által nem kedvelt megoldás.

Mind a mosóvíz-bekötést igénylő vízszűrők, mind a vízlágyítók öblítővizének elvezetésekor fontos higiéniai szempont, hogy a vízellátó és a vízelvezető hálózatot „ne kössük rövidre”, *ne teremtsünk átjárható útvonalat a baktériumok, szennyezőanyagok számára a két hálózat között.*

3.4. A 3. fejezetben hivatkozott irodalom

- [3/1] 201/2001. (X. 25.) többszörösen módosított Kormányrendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről
- [3/2] Eördöghné, Miklós Mária: Drinking Water Supplies in the Light of Water Exploitation Figures, 7. PhD – DLA Symposium PTE PMMK, Pécs, 2011. október 24-25., Komló, Rotari Press, pp. C43, ISBN 978- 963- 7298- 46- 2
- [3/3] Eördöghné, Miklós Mária: Víz és vízszolgáltatás – háttér adatok a vízellátás tervezéséhez; Magyar Épületgépészet, LXI. évf. 2012/1-2. szám, p. 14-17, ISSN 1215 9913
- [3/4] Barna Zsófia: Legionella kolonizáció terjedése és diverzitása épített vízrendszerekben; PhD értekezés, Eötvös Lóránd Tudományegyetem, 2016. július
- [3/5] Víz tisztítás – oktatási segédanyag, BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék; Budapest 2007
- [3/6] Kovács Zsófia: Ivóvíz tisztítás és víz tisztaságvédelem – Környezetmérnöki Tudástár XXVI. kötet; Pannon Egyetem Környezetmérnöki Intézet; Veszprém, 2013
- [3/7] Technológiai fejlesztések a víz tisztításban – MAVÍZ Műszaki Bizottság, Technológiai Fejlesztések Munkacsoport, 2007
- [3/8] Az ivóvíz mikrobiológiai-bakteriológiai jellemzői és hatásai az ember egészségére – Zero Energy House Kft. honlapja – <http://www.tartalyhaz.hu/Blog%20Posts/az-ivoviz-mikrobiologiai-bakteriologiai-jellemzoi-es-hatasai-az-ember-egeszsegere.html>
- [3/9] Pregun Csaba, Juhász Csaba: Vízminőségvédelem – Felszín alatti vizek; Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, http://www.agr.unideb.hu/ebook/vizminoseg/felszn_alatti_vizek.html



- [3/10] Galgóczi Erzsébet: Vidravas; regény, 1984
- [3/11] Dr. Gombos Béla: Hidrológia – hidraulika; 2011, Digitális Tankönyvtár;
- [3/12] Vízellátás – szerkesztette Tolnai Béla; a Fővárosi Vízművek kiadása, 2003
- [3/13] Az artézi vizek feltárása, hasznosítása – segédlet, BME
<http://enfo.agt.bme.hu/drupal/sites/default/files/AZ%20ART%C3%89ZI%20VIZEK%20FELT%C3%81R%C3%81SA.pdf>
- [3/14] Dr. Némédi László: Az ásványvizek mikrobiológiai jellemzői; Alkoholmentes italok VII. évfolyam 2006. 3. szám, p. 44-51
- [3/15] Kiss Zoltáné, Bodnár Judit, Asztalos Ágnes, Papp Erzsébet: A 2006. évi miskolci ivóvízjárvány környezet-egészségügyi ismertetése; Egészségtudomány, LII. évf., 2008. 1. szám Budapest
- [3/16] Ivóvíz minőség, 2013 – ÁNTSZ jelentés, 2013
<http://oki.antsz.hu/files/dokumentumtar/Ivovizminoseg2013.pdf>
- [3/17] 1995. évi LVII. törvény a vízgazdálkodásról
- [3/18] 74/1999. (XII. 25.) EüM rendelet a természetes gyógytényezőkről
- [3/19] 2011. évi CCIX. törvény a víziközmű-szolgáltatásról
- [3/20] MI-10-158-1:1992 Víznormák. A kommunális vízellátás fajlagos vízigényének meghatározása
- [3/21] Dr. Rácz Istvánné: Vízkémia II., Szent István Egyetem Gödöllő, 2014
- [3/22] Dr. Török Sándor: Vízellátás és szennyvízkezelés, Szent István Egyetem, 2011
- [3/23] Grundfos: Leitfaden zur Legionellenbekämpfung mit Chlordioxid-Anlagen Oxiperm[®] Pro
- [3/24] Csikány Csilla, Várnai Gusztáv, Noszticzius Zoltán, BME Fizika Tanszék Kémiai Fizika Csoport: A SOLUMIUM DENTAL: egy hipertizsita klórdioxid oldat és alkalmazása a fogorvosi gyakorlatban I.
- [3/25] Eördöghné Dr. Miklós Mária: Legionella-mentesítési megoldások vízhálózatokban; Magyar Épületgépészet, LXV. évf. 2016/7-8. szám, p. 3-7.
- [3/26] Diczházi Attila: Hétköznapi okosságok: D-ÉG Honeywell nyomáscsökkentők és víz-szűrők, <https://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi629-ApNfWAhWMChoKHZjBD8wQFggmMAA&url=http%3A%2F%2Fportal.d-eg.hu%2Fhetkoznapi-okossagok-d-eg-honeywell-nyomascsockentok-es-vizszurok%2F&usg=AOvVaw0tmtAyksNY2vDDgpnvNZ>



- [3/27] BWT: Szűrőtechnika. Tiszta és megbízható. <http://docplayer.hu/5039193-Szurestechnika-bwt-szurestechnika-tiszta-es-megbizhato-www-bwt-hu.html>
- [3/28] Rác Istvánné: Vízkémia II., 2011 http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop412A/2010-0019_Vizkemia_II/ch12.html
- [3/29] http://www.wasser-hilft.de/vergleich_zwischen_ionentauscher.htm



4. Legionella baktériumok a vízellátó rendszerben

4.1. A Legionella-fertőzések felismerésének története, hatásuk az épületgépészetre

„A vízzel terjedő betegségek dinamikája a fejlett országokban az elmúlt évtizedekben jelentős változáson ment át. Míg a klasszikus vízjárványok, mint a kolera, a dizentéria vagy a hastífusz a szennyvízkezelés elterjedésével és a higiénés viszonyok javulásával gyakorlatilag eltűntek, új kórokozók jelentek meg, amelyek ellenállnak a modern vízkezelő technikáknak. A vízminősítésben használt, úgynevezett fekális indikátorok nem jelzik ezeknek a kórokozóknak az előfordulását, így célzott vizsgálatok nélkül a kockázat egészen a megbetegedések előfordulásáig ismeretlen marad. A legionellosis egyike korunk újonnan terjedőben lévő, víz eredetű betegségeinek. A gyakran súlyos tüdőgyulladással járó legionárius megbetegedés kóroki ágenseként is ismert *Legionella* baktériumok ubiquiter [mindenütt előforduló, fellelhető] szervezetek, alacsony csíraszámban bármilyen természetes vízi környezetben előfordulhatnak, közegészségügyi kockázatot azonban természetes előfordulási helyükön ritkán jelentenek. Amikor a természetes vizekből a legionellák olyan mesterséges vízrendszerekbe kerülnek, ahol a fennmaradásukhoz és szaporodásukhoz szükséges feltételek – optimális hőmérséklet, pangó vizek, biofilm-képződés – biztosítottak, kockázatos mértékben elszaporodhatnak.” [4/1]

Az „Amerikai légionáriusok” nevű amerikai veteránszervezet 1976. júliusi philadelphiai nagygyűlésén a résztvevők között ismeretlen eredetű, 31 halálesetet³ okozó járványos megbetegedés tört ki. A kezdetben terrorcselekményre gyanakvó hatóságok nagy erőket mozgósítottak a megbetegedések eredetének felderítésére. Az addig ismeretlen kórokozó baktériumfajt végül csak 1977 januárjában sikerült azonosítani, amely a legionáriusok után a *Legionella pneumophila* nevet kapta. A baktériumok a rendezvény helyszínéül szolgáló szálloda légkezelőjének nedvesítő-kamrájában szaporodtak el és a szellőző levegő útján jutottak a tartózkodási zónába.

Mára (2017) a *Legionella* baktériumcsaládnak 60 faja és 71 szerocsoportja ismert, amelyek közül 23 bizonyítottan képes halálos emberi fertőzést okozni. A baktériumok a felszíni vizekben gyakorlatilag bárhol megtalálhatók. Mivel a vízművekben alkalmazott klórgázzal

³ Különböző szakirodalmi forrásokban eltérő számok szerepelnek.



történő fertőtlenítés a legionellák ellen gyakorlatilag hatástalan, az ivóvíz hálózatok vizében mindig előfordulhatnak. A baktériumok a bőrre vagy a tápcsatornába jutva semmilyen betegséget nem okoznak, a fertőzés kialakulásának egyetlen lehetséges módja, ha a fertőzött vízből származó vízpermet belélegezve, vagy aspirációval (azaz félrenyeléssel – ez különösen fekvőbetegek esetében jelent kockázatot) az emberi tüdőbe jut.

A legionellózis tipikus civilizációs betegség: a fertőzés kialakulásához egyéb feltételek mellett a víz olyan mértékű *Legionella*-koncentrációja szükséges, ami természetes körülmények között csak kivételes esetben fordulhat elő. Az ehhez szükséges körülmények elsősorban az épületgépészeti és vizes gépészeti rendszerekben – pl. ipari hűtőtornyokban – alakulhatnak ki.

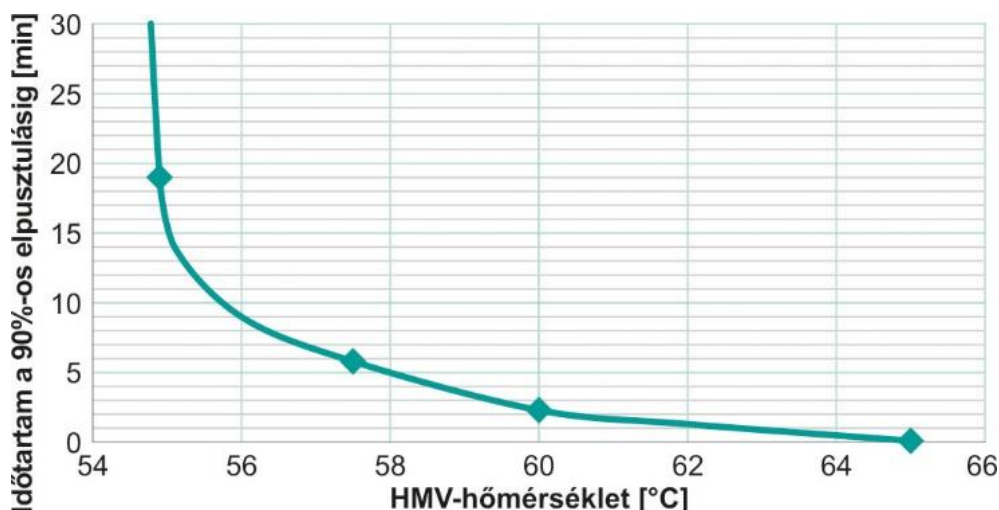
A betegség 1977-es felismerése után a legionellózist sokáig a légtechnikai berendezésekhez kötődő betegségnek tartották. Az csak a 90-es évek elejére vált nyilvánvalóvá, hogy a megbetegedések kialakulásában legalább ugyanakkora szerepe van a vizes, elsősorban a használati melegvízes rendszereknek, ráadásul ezekben a védekezés is sokkal nehezebb. A fertőzések elleni védekezés szempontjai új követelményeket állítanak az épületgépészeti rendszerek tervezői, kivitelezői és üzemeltetői elé. Korábban elterjedten alkalmazott anyagok és műszaki megoldások váltak meghaladottá, egyúttal új követelmények, konstrukciók, kialakítási és alkalmazási szempontok jelentek meg. Hosszú ideig a hazai jogrendben nem szerepelt a probléma kezelésére szolgáló előírás. 2015 novemberében jelent meg, 2016 februárja óta hatályos a 49/2015. (XI. 6.) EMMI rendelet „a *Legionella* által okozott fertőzési kockázatot jelentő közegekre, illetve létesítményekre vonatkozó közegészségügyi előírásokról” [4/2], ami közvetlen és közvetett módon állít követelményeket az épületgépészeti rendszerek számára.

4.2. A *Legionella* baktériumok tulajdonságai és az általuk okozott betegségek

A legionellák pálcika alakú; 0,2 – 0,7 μm széles, kifejlett, osztódás előtti állapotban 5 – 7 μm hosszú baktériumok. Felszíni vizekben, 10 méternél nem mélyebbről származó talajvízes környezetben bárhol előfordulnak. Széles pH tartományban élet- és szaporodóképesek. A szaporodásukhoz szükséges hőmérséklettartomány 25 – 50 °C, az optimális 37 – 42 °C közötti. 20 – 25 °C alatt a baktériumok már nem szaporodnak, de túlélnek; 55 °C felett a baktériumok elpusztulnak. A baktériumok pusztulásának sebességét a koncentráció 1



nagyságrenddel való csökkenéséhez szükséges idővel mérik. Ez az idő a hőmérséklet növelésével egyre csökken; 55 °C-on még kb. 30 perc, 60 °C-on már csak 2 perc (ld. 21. ábra). Megjegyzendő, hogy a különböző kutatási eredményekben a jellemző hőmérséklet-tartományokra eltérő értékek szerepelnek.



21. ábra. A *Legionella* baktériumok vízhőmérséklet-tűrése [4/5]

A baktérium koncentrációt TKE/ml – telepképző egység/ml – mértékegységben mérik.

1 TKE/ml = 1000 TKE/liter a természetben is előforduló, kockázatot nem jelentő, 100 TKE/ml azonban már súlyos, komoly kockázatot jelentő koncentráció.

A legionellák ellenálló sejtfallal rendelkeznek, ami számos fertőtlenítési eljárással szemben képes védelmet nyújtani számukra. Más sejteken (pl. tüdőben alveoláris makrofágokban, vagy egyes egysejtűekben) belül képesek szaporodni, sőt, az újabb kutatási eredmények szerint szaporodásukhoz éppen az szükséges, hogy más sejtek bekebelezzék őket. Az ellenálló sejtfal feladata éppen az ez ellen való védelem, miközben a *Legionella* saját enzimeivel belülről emészti fel a bekebelező sejtet. A kedvező körülmények között a *Legionella* osztódni kezd, és a bekebelező sejt anyagát legionellává transzformálja. Az elpusztult gazdasejtből kiszabadulva a legionellák a vízáramba kerülve terjednek tovább. Az elpusztult gazdasejt védelmet nyújthat a legionelláknak kiszáradás esetére is. A kiszáradt, elpusztult gazdasejt a légáramba kerülve olyan helyekre is eljuttathatja a baktériumokat, ahol megjelenésükre egyébként nem lehetne számítani. Így kerülhet a baktérium pl. a hűtőfelületek csepptálcáján összegyűlő vízbe: annak ellenére, hogy a levegő kondenzálódó páratartalma garantáltan nem tartalmaz legionellát, a nedves felületen azonban a levegő által szállított, legionellát



tartalmazó elhalt gazdasejtek megtapadhatnak, majd a lecsöpögő vízzel a csepptálcára kerülnek.

A legionellák kimutatását nehezíti, hogy a hagyományos laboratóriumi tenyésztési eljárásokkal nem mutathatóak ki, speciális táptalajt és kezelést igényelnek.

Lassú szaporodásuk következtében a tüdőbe jutott legionellák – ha számukra a körülmények kedvezőek – csak viszonylag hosszú, 2-10 nap lappangás után okoznak tüneteket. A szervezetbe kerülő baktériumokat a fehérvérsejtek bekebelezik. A vastag sejtfallal és agresszív enzimekkel rendelkező legionellák a falósejteket elpusztítják; az elpusztult falósejtek okozzák a tüdőgyulladást. Enyhébb fertőzések esetén, illetve a lappangási idő alatt a tünetek az influenzára hasonlítanak: láz, fejfájás, izomfájdalom – felületes orvosi vizsgálat nem is tudja a legionellózist az influenzától elkülöníteni. A kialakult betegség legfontosabb tünete a rendkívül súlyos, igen magas lázzal járó atípusos tüdőgyulladás, amely mellett a tünetek az emésztő- és idegrendszerre is kiterjedhetnek. A betegség halálozási aránya 15 – 20% körüli, de nagyon sok múlik az időben alkalmazott megfelelő terápián. A betegség csak intravénásan adott speciális antibiotikumokkal – erythromycin, rifampicin – gyógyítható, de egyes a lappangási idő alatt alkalmazott ún. széles spektrumú antibiotikumok (pl.: doxycyclin) szintén hatásosak lehetnek a betegség kezelésében.

Az, hogy a szervezetbe jutó baktériumok milyen súlyos tüneteket okoznak, erősen függ az egyén immunológiai állapotától. Általános esetben a beteg immunrendszere képes a legionellózis leküzdésére. Elsősorban a gyerekek, az időskorúak és különösen az orvosi kezelés (pl. szervátültetés) vagy betegség (HIV vírus, AIDS) miatt gátolt immunműködésű személyek veszélyeztetettek. Egy a 70-es években az Egyesült Államokban lezajlott kórházi járványban a halálozási arány 81% volt. Ha a szervezetbe jutó legionellák kifejlett méretük miatt nem jutnak túl a torok és garat szűrőrendszerén, a tünetek a felső légutakra korlátozódnak. A betegségnek ezt a formáját Pontiac-láznak nevezik; halálos kimenetelű eset eddig nem vált ismertté.

A legionellózist kezdeti tünetei alapján gyakran diagnosztizálják influenzaként. Magyarországon bizonytalan diagnózis esetén az orvosok indokolatlanul gyakran írnak fel széles spektrumú antibiotikumot. Ezekben az esetekben a sikeres gyógyulás miatt a legionellózis felismeretlen marad. Ez részben magyarázza a hazai ismertté vált esetek alacsonyabb számát. [4/3]



„A felismert legionellosis esetszám viszonylag alacsony, Európában átlagosan 12 eset/millió lakos évente, Magyarországon ennek a fele, és még a *Legionella*-kockázattal komolyan számoló országokban is mindössze ennek háromszorosa. Ugyanakkor egységes szakmai álláspont szerint ez a töredéke a ténylegesen előforduló eseteknek. A fejlett országokban a tüdőgyulladás a 10. leggyakoribb halálok, és első a fertőző betegségek között. Becsült hazai esetszáma 2000/millió lakos, és ezek többségénél a kórokozót nem azonosítják. A kórházban szerzett másodlagos fertőzések között ugyancsak a tüdőgyulladás jelenti a legnagyobb kockázatot.” [4/1]

Az utóbbi évek statisztikái alapján hazánkban évente maximálisan néhány száz esetben merül fel a legionellózis gyanúja; az igazolt halálesetek száma 8 – 15 közötti. A hazai orvosi gyakorlat alapján – az antibiotikum fogyasztás lényegesen magasabb a hasonló fejlettségű országokénál; az influenza-szerű betegségek kezelésére elterjedten alkalmaznak széles spektrumú antibiotikumokat – gyaníthatóan igen sok fertőzés marad felismeretlenül.

4.3. A *Legionella*-fertőzések mechanizmusa, az épületgépészeti rendszerek szerepe a fertőzés kialakulásában

A baktériumok bőrre, sebbe vagy az emberi tápcsatornába jutva semmilyen fertőzést nem okoznak. A fertőzés egyetlen lehetséges útja, ha a baktériumok a tüdőbe jutnak. Mivel az emberi felső légutak szűrőrendszere az 5 µm feletti szemcséket kiszűri, és a baktériumok csak vizes környezetben életképesek, ezért az emberi fertőzés egyetlen lehetséges útja a legionellákat tartalmazó aeroszol méretű vízcseppek belélegzése lehet. A fertőzés forrásává azok a vizes gépészeti berendezések válhatnak, amelyekben bizonyos körülmények között a legionellák elszaporodhatnak, és amely berendezések üzemszerűen, vagy valamilyen meghibásodás következtében aeroszol méretű vízcseppeket bocsátanak a környezetükbe. Ilyenek például a nedvesítőkamrával üzemelő légkezelő berendezések, a nedves mosók, a szökőkutak, a kerti locsolók, a zuhanyzók és egyéb melegvizes csapolók, a pezsgőfürdők és egyéb aeroszolt képző medencék, a nedves hűtőtornyok. Fertőzés forrásává válhatnak olyan légtechnikai berendezések is, amelyekben nincsen ugyan nedvesítés, de a felületi hűtőn kondenzálódó víz hőmérséklete üzemszünetben a baktériumok szaporodásához alkalmas hőmérsékletre emelkedik, és a nagy sebességgel áramló levegő képes lehet fertőzött vízcseppek felragadására.



Az emberi fertőzés kialakulásához a baktériumokat nagy mennyiségben tartalmazó vízből képződött 1 – 5 μm méretű vízcseppek tartós belélegzése szükséges. A fertőzés kialakulásához szükséges feltételek természetes körülmények között egyidejűleg gyakorlatilag sohasem teljesülnek; egyes épületgépészeti rendszerek azonban éppen a kritikus hőmérsékletű vízből képződő vízcseppeket bocsátanak ki üzemszerűen, vagy meghibásodás esetén környezetükbe. Ha a nem megfelelő üzemeltetés miatt az ilyen rendszerek vizében elszaporodnak a legionellák, a fertőzés létrejöttét nem lehet kizárni.

Az épületgépészeti rendszerekbe bejutó víz mindig tartalmazhat legionellákat, azonban ez alacsony koncentrációja miatt általában még nem jelent problémát. Ha a körülmények megfelelőek a baktériumok számára – rendelkezésre áll a megfelelő hőmérséklet, tápanyag, védelem a fertőtlenítések ellen, valamint elegendő idő a szaporodáshoz – a baktériumok elszaporodhatnak az épületgépészeti rendszerben. Ha a rendszerből kijutó, legionellákat tartalmazó vízből vízcseppek képződnek, és azokat az emberek tartósan belélegzik, kialakulhat a fertőzés. Betegség akkor alakul ki, ha az érintett személy immunrendszere a fertőzést nem küzdi le. Lehetséges olyan fertőzés, ami a betegség semmilyen tünetét nem váltja ki. Az USA-ban végzett vizsgálatok egyes közösségekben a tagok akár 25%-ánál igazolták a korábban kiállt legionellózist, anélkül, hogy a betegség tüneteket okozott, vagy a betegséget felismerték volna [4/3]. A fertőzés kockázatának mértéke függ attól is, hogy az adott épületgépészeti rendszer mit szolgál ki: egy tömegtartózkodásra szolgáló teret ellátó légtechnikai rendszer esetében más lesz a fertőzésben érintettek és a megbetegedettek száma, mint például egy lakásban lévő zuhanyzó esetén. A betegség súlyossága függ a víz legionella-koncentrációjától, az adott *Legionella* baktérium virulenciájától, a vízcseppek méretétől, az expozíciós időtől – vagyis az érintettek mennyi ideig vannak a legionellát tartalmazó vízcseppek belélegzésének kitéve – és az érintett személy immunállapotától. Fokozott veszélynek vannak kitéve az idősek, a gyerekek, és bizonyos speciális betegségekben szenvedők. A statisztikák szerint nagyobb a betegség kockázata a férfiak, a dohányosok és az alkoholisták között.

A fertőzés folyamatába épületgépészeti eszközökkel elsősorban a legionellák szaporodásának megakadályozásával, részben pedig az aeroszol méretű cseppek kijutásának korlátozásával lehet beavatkozni.



4.4. A biofilm szerepe

A szakirodalomban található becslések alapján a vízhálózatban található szerves anyagok tömegének 95%-át a vezetékek, műtárgyak és szerelvények felületén kialakult biofilmréteg adja, és csupán 5% található lebegő („planktonikus”) állapotban [4/1]. A biofilm-réteg menedéket, táplálékot és szaporodási környezetet biztosít a legionellák és a vízben előforduló egyéb kórokozók számára. A biofilm – biohártya, vagy élőbevonat – különböző mikroorganizmusokból és az úgynevezett biofilm-mátrixból álló, a szilárd felszínen képződő sűrű bevonat. A biofilm sok különböző fajta mikroorganizmusokból állhat, például baktériumok, archeák, protozoák, gombák és algák is előfordulhatnak benne. A sejtek gyakran az általuk termelt, nyálka-szerű, sejten kívüli DNS-ből, fehérjékből, poliszacharidokból álló polimer anyagokba ágyazódva helyezkednek el. A bevonat vastagsága néhány mikrométertől bizonyos körülmények között akár fél méterig is terjedhet. A vízvezetékek belső felületén kialakuló biofilm jellemző vastagsága néhány tucat mikrométer.

A biofilm képződésekor a szabadon úszó (planktonikus) mikroorganizmusok megtapadnak valamilyen felületen. A megtapadásban a sejtek hidrofób vagy hidrofil tulajdonságai, a felületek közelében kialakuló speciális áramlási viszonyok – jellemzően az alacsony áramlási sebesség – valamint a felület elektrosztatikai állapota is szerepet játszhatnak. A kolónia első sejtjei gyenge, könnyen elszakítható módon *van der Waals*-erőkkel kötődnek a felülethez. Ha nem sodorja le semmi őket, a sejtek sejtadhéziós struktúráikkal stabilan rögződnek a felületen. Az első sejtek a többiek letelepedését a biofilmet összetartó sejtenkívüli polimer struktúra – EPS (Extracellular Polymeric Substance), a nyálka – termelésével készítik elő. Egyes fajok nem képesek önállóan a felülethez rögzülni, csak a nyálkához, vagy a korai kolonista sejtekhez. A kolonizáció kezdete után a biofilm növekedését újabb mikroorganizmusok lehorgonyozása és a már megtelepedett sejtek osztódása adja. A biofilm képződés következő fázisa az érés, aminek során a biofilm teljesen kialakul, és ettől kezdve leginkább csak formájában, méretében változik. Az érés folyamán a biofilmben bonyolult struktúra alakul ki, ami elősegíti a víz és a tápanyagok diffúzióját. A biofilm fejlődésének utolsó fázisában a sejtek kiszakadnak a mátrixból és újra planktonikussá válnak.

A biofilm-mátrixban kialakuló viszonyok (megfelelő tápanyag, védelem, megfelelő pH és oxigén-koncentráció) egyes mikroorganizmusok számára kedvező szaporodási körülményeket nyújtanak. A biofilmben megtelepedő és szaporodó baktériumok kevés kivétellel lényegesen



ellenállóbbak, mint a planktonikus állapotban lévőek. A biofilm védelmet nyújthat a baktériumok számára a különböző fertőtlenítési eljárásokkal szemben.

A biofilm-képződés mértéke a víz számos fizikai-kémiai tulajdonságától függ, pl.: hőmérséklet; pH; keménység; szervesanyag- és tápanyag-tartalom; fertőtlenítőszer-maradék koncentráció; nehézfémek koncentrációja; áramlási viszonyok; a felület anyagminősége, elektrosztatikai állapota és korróziója stb.

A biofilmből a sejtek leválása két okból történhet: vagy az újonnan növekedett sejtek válnak le tápanyaghiány miatt, vagy nyíróerők hatására sérül, szakad le a biofilm. Ez utóbbi jellemzően a megnövekedett áramlási sebesség hatására következhet be. Mivel az ivóvíz hálózat egyes szakaszain kialakuló pillanatnyi áramlási sebesség a szélsőségesen változó fogyasztás függvénye, a biofilm leszakadását nem lehet előre jelezni. A biofilm egy részének leválása idején az áramló vízben időlegesen, de jelentősen megnő a biofilmben egyébként jelen lévő baktériumok és egyéb élő szervezetek koncentrációja. Ez magyarázhatja például, hogy egyes vízrendszerekben a legionella-koncentráció időszakosan rendkívüli mértékben megnövekszik. A jelenség megnehezíti az esetleges fertőzések forrásának kiderítését is, hiszen egy mintavétel adott esetben teljesen elfogadható koncentrációt fog eredményezni.

A biofilm kialakulása elleni védekezés tehát kulcskérdés a higiénikus vízellátás során. A szennyeződések lerakódása, a vízkő és a korróziós termékek megjelenése biztosan kedvez a biofilm kialakulásának, ezek ellen tehát mindenképpen védekezni kell. A szennyeződések lerakódása elsősorban az alacsony áramlási sebességű vezetékszakaszokban várható. Ezeket mindenképpen kerülni kell, ezért a használaton kívüli vak, áramlás nélküli ágakat a rendszerekből ki kell iktatni. A német szabályozásban – DIN 1988, ld. 5. fejezet – megjelenő szempontok szerint a vezetékhálózatot igen nagy áramlási sebességre kell méretezni, hogy a biofilm lehetőleg ki se alakulhasson. Ez rendkívül nagy, hazai viszonyok között általában nem is fedezhető nyomásvesztést okoz (lásd az 5. fejezetben bemutatott példát). Az üzemszerűen alacsony áramlási sebességű elemek – hőcserélők, tárolók – megfelelő tisztíthatóságáról és rendszeres tisztításáról gondoskodni kell. A biofilm esetleges jelenléte a vegyszeres, termikus, UV-sugaras stb. fertőtlenítési eljárások gondos és körültekintő alkalmazását követeli, hiszen a biofilm szerkezete a lebegő állapotban lévő baktériumok ellen egyébként hatékony fertőtlenítés során védelmet nyújthat a benne található kórokozóknak.



Az ivóvízhigiéné szempontjából a legionellák mellett még a *Pseudomonas aeruginosa*, mint biofilm-képző és alkotó baktérium szerepe jelentős. Egyrészt azért, mert önmaga is képes különböző vizes felületeken, így a vízhálózatokban is biofilm-réteg kialakítására, másrészt pedig a *Pseudomonas aeruginosa* baktérium a legionellákhoz hasonlóan feltételesen kórokozó, azaz arra fogékony személyeknél felelős lehet többek között pl. tüdőgyulladás, húgyúti gyulladás vagy seb- és véráram-fertőzés kialakulásáért.

4.5. Védekezés az ivó- és használati melegvíz rendszerekben

A közműből érkező ivóvíz mindig tartalmaz legionellákat, azonban olyan csekély koncentrációban (<1 TKE/ml), hogy az semmilyen kockázatot nem jelent. A fertőzés lehetősége akkor jön létre, ha a legionellák elszaporodnak a vízben, az így létrejött, legionellát tartalmazó vízből aeroszol méretű cseppek képződnek, és ezek emberi belégzésre kerülhetnek. Mivel a cseppképződés és a belégzés fázisában nagyon csekély a lehetőség fertőzés megakadályozására, a legfontosabb feladat a legionellák szaporodásának lehetőség szerinti kizárása, illetve a legionellát tartalmazó vízből képződő cseppek kijutásának megakadályozása.

A védekezés módszereit alapvetően aktív és passzív módszerekre oszthatjuk [4/3]. Az aktív módszerek alkalmasak a legionellák elpusztítására, és védelmet nyújthatnak abban az esetben is, ha a rendszerben bizonyos körülmények között a baktériumok elszaporodtak volna. A passzív módszerek nem alkalmasak a legionellák elpusztítására, de megakadályozzák a szaporodásukat. A passzív módszerek általában kisebb költségekkel megvalósíthatók, egy részük – például a rendszerek tisztántartása – eleve beletartozik a „kötelező gondosság” témakörébe.

Az aktív módszerek közül a légtechnikai rendszerekben sikeresen alkalmazhatók a mikrobicidok a nedves mosók, evaporatív hűtők vizének fertőtlenítésére. A mikrobicidok a vízbe adagolt, a baktériumok elpusztítására alkalmas különböző méreganyagok lehetnek. Az ivó- és használati melegvíz rendszerekben ezek nem alkalmazhatók, mert bár az emberre közvetlenül nem veszélyesek, de általában allergén hatásuk van. Sikeresen alkalmazhatók viszont ezek az anyagok fürdőmedencék, azok között is a legnagyobb kockázatot jelentő örvényfürdő (whirlpool) vizének a fertőtlenítésére.



Noha a vízművekben alkalmazott klórkoncentráció általában hatástalan a legionellák ellen, a klór – megfelelő koncentrációban – alkalmas fertőtlenítőszer a legionellák ellen. Hatékonysága nagyban függ az alkalmazás módjától. Problémát jelenthet a fokozott korrózió.

A klórt gázként a vízbe juttatva a kialakuló hipoklóros-sav (HOCl) végzi a fertőtlenítést, a vízben és a lerakódások felületén fejtvé ki hatását. Klórgáz alkalmazása esetén a régi rendszerek és vastagabb lerakódások esetén a biofilm mélyebb rétegeiben a baktériumok túlélési aránya magas. A klórdioxid (ClO_2) célszerűen választott koncentrációban híg vizes oldatként alkalmazva a lerakódásokat is átjárja, akár ezek leválását is előidézhetheti, megszüntetve a baktériumok megtelepedésének lehetőségét. Alkalmazható a klór hipoklóros-sav formájában is, amit a víz adott szinten tartott NaCl-tartalmából elektrolitikus reaktorban állítanak elő. A berendezés működtetéséhez szükséges egy a sókoncentráció ellenőrzését, szinten tartását végző mérő-szabályozó és adagoló egység, valamint szakképzett kezelőszemélyzet [4/4].

A legionellák elleni védekezésben a fenti, klóros módszerek közül Magyarországon leginkább a klórdioxid adagolásával működő rendszerek terjedtek el. A klórdioxidot általában HMV-rendszerek fertőtlenítésére alkalmazzák, de hidegvizes rendszerekhez is használhatók. A módszer eredményességének feltétele az, hogy a fertőtlenítést végző klórdioxid a rendszerben mindenhová eljusson, de sehol ne dúsuljon fel. Előfordulhat, hogy ehhez több adagolási pontot is ki kell építeni. A beadagolásra javasolt klórdioxid koncentráció ivóvíznél $0,05 \div 0,2$ ppm mg/l. A koncentrációt mikrobiológia vizsgálatok és a maradék klór értéke alapján kell beállítani, korrigálni. A klórdioxidot magas reakcióképessége miatt csak vas- és mangántalanított vízbe célszerű adagolni.

A klórdioxidos legionella-mentesítés előnyei:

- eltávolítja a biofilmet, így a *Legionella* tovább már nem szaporodhat;
- a vezetékhálózat átáramlás nélküli „vak” ágaiban is hat;
- hatékony a vízben lebegő szabad baktériumokkal szemben;
- hatása hosszan tartó, akár egy hét is lehet;
- nem befolyásolja a víz ízét, illatát, pH-értékét;
- élettartam-költség szempontjából kedvező. [4/4]



Az ózonnal, ultrahanggal történő fertőtlenítést legionella-mentesítésre folyamatos üzemeltetéssel szokták alkalmazni, leggyakrabban egyéb módszer kiegészítőjeként. Az ózonos fertőtlenítés problémája, hogy nincsen maradó hatása: a reaktorból távozó víz ózont már nem tartalmaz, így – ellentétben a klórral – a reaktoron kívül már nem történik fertőtlenítés. Az UV- sugaras fertőtlenítés problémáját a víz szemmel általában nem látható szennyezettsége adja. Mivel a szaporodó legionellák a vízben az elhalt gazdasejt belsejében utazhatnak, a gazdasejt az UV-sugaras fertőtlenítés ellen védelmet nyújthat. Történtek kísérletek az ilyen sejthalmazok UV reaktor előtti ultrahangos kezeléssel való felbontására, de az eredmények nem különösebben meggyőzőek. Az úgynevezett „aacheni-konceptió” szerint egy kórház hidegvíz rendszer belépési pontján a vizet ultrahanggal és UV sugárzással kezelték és a víz legionella-koncentrációját folyamatosan monitorozták. Mivel a legionella-koncentráció kb. egy hónapnyi üzemeltetés után rendszeresen újra kritikus értéket ért el, ezért ilyenkor több órás, magas hőmérséklettel és klórkoncentrációval végzett fertőtlenítést végeztek. A módszer alkalmazásának korlátja a rendszeresen magas klórkoncentrációval végzett mosatás következtében megjelenő intenzív korrózió. [4/3]

A legionellák elleni védekezés leghatékonyabb, ezért a nyugat-európai országok előírásaiban kötelezően alkalmazandóként szereplő módszerének a termikus fertőtlenítés bizonyult. E kérdésben – a hazánkban alkalmazottakkal azonos rendszerkialakítások miatt – a németországi DVGW W551 előírásait tekinthetjük mértékadónak [4/7]. Az előírás a HMV termelő rendszereket kis- és nagyberendezésekre osztja. Kisberendezések az egy- és kétlakásos családi házak HMV rendszerei, valamint azok a rendszerek, amelyekben a HMV termelő úrtartalma legfeljebb 400 liter, és egyik ágvezeték úrtartalma sem haladja meg a 3 litert (a cirkulációs vezeték nélkül). A kisberendezések esetében a HMV termelés névleges hőmérséklete 60 °C, és a rendszerben a hőmérséklet sehol sem csökkenhet 50 °C alá. Nagyberendezések esetében a HMV hőmérsékletének előírt névleges értéke 60 °C, aminél a hőtermelőből kilépő víz hőmérséklete csak rövid időre, az esetleges szabályozási lengések idején lehet alacsonyabb. Az üzemszerűen alacsonyabb hőmérsékletű elemeket – például előfűtő hőcserélőt – naponta 60 °C fölé kell melegíteni. A víz hőmérséklete a rendszerben sehol sem süllyedhet 55 °C alá. Ehhez cirkulációs rendszert, vagy kísérőfűtést kell kiépíteni. A cirkuláció nélküli vezetékszakaszok úrtartalma nem haladhatja meg a 3 litert. A cirkulációs rendszert a DVGW W553 [4/8], vagy a DIN 1998-300 szabvány [4/9] szerint méretezni kell. A rendszer esetében alapkövetelmény, hogy a vezetékeket az energiatakarékossági rendelet



[4/10] (Energieeinsparverordnung, EnEV) követelményeinek megfelelő hőszigeteléssel kell ellátni. A vezetékhálózatban nem lehetnek lerakódások, a szennyeződéseket összegyűjtő nagy vízterű berendezéseket rendszeresen tisztítani kell. Ehhez a tárolókra megfelelő méretű tisztítónyílásokat kell szerelni.

A DVGW W551 a rendelet megjelenése előtt létesült, vagy a rendelet követelményeit egyéb okból nem teljesítő berendezésekre rendszeres mikrobiológiai vizsgálatokat ír elő, amelyeket a fertőzőtség mértékétől függő idő elteltével újabb vizsgálat, kritikus fertőzőtség esetén azonban a teljes fertőtlenítettség elérésig akár használati tilalom is követhet. A rendszereket fel kell mérni és értékelni kell a fertőzések kockázata szempontjából. A ritkán használt csapolókat lehetőség szerint le kell választani a rendszerről, és melegvíz ellátásukat egyedi termelővel kell megoldani. Le kell továbbá választani a rendszerben lévő „vak”, átáramlás nélküli ágakat, ugyanis ezekben a legkedvezőbbek a feltételek a legionellák szaporodásához, és innen kijutva azok az egész rendszert elfertőzhetik. A legionella-mentesítési eljárások értékelésének minősítő paramétereit a 7. táblázat foglalja össze.

7. táblázat. A legionella-mentesítési eljárások értékelése [4/4]

		Minősítő paraméterek							
	gyenge	Eltávolítja a biofilmet	Hatékony a biofilmben levő baktériumokkal szemben	Hatékony a baktériumokkal szemben	Befolyásolja a víz ízét és illatát	Érzékeny pH-értékre	Leforrázás kockázata	Hosszú távú hatás	Élettartam költség
	átlagos								
	előnyös								
Legionella-mentesítési eljárások	Hőkezelés	nem	részlegesen	közepes	nem	nem	igen	nem	magas
	Klórozás (hipoklorittal OCl ⁻)	nem	közepes	magas	igen	igen	nem	közepes	alacsony
	Klórdioxid (ClO ₂)	igen	magas	magas	nem	nem	nem	magas	alacsony
	UV-sugárzás	nem	nem	magas	nem	nem	nem	nem	közepes
	Ózon	nem	nem	magas	nem	nem	nem	nem	alacsony
	Szűrés	nem	nem	magas	nem	nem	nem	nem	közepes



A passzív védekezési módszerek közé sorolhatjuk a megfelelő hővédelmet, a rendszeres tisztítást, a célszerű anyagválasztást és nyomvonal kialakítást, továbbá az intenzív áramlási sebesség biztosítását. A hővédelem nemcsak a HMV lehülésének csökkentése, hanem a hidegvíz felmelegedésének megakadályozása szempontjából is fontos.

A HMV rendszerek rendszeres tisztítására például a DVGW W551 [4/7] ad előírásokat. Passzív védekezésnek minősíthetjük a használaton kívüli, ezért a szennyeződések kiválása, illetve a lehülés/felmelegedés szempontjából kritikus használaton kívüli, vagy ritkán használt vezetékszakaszok rendszerről való leválasztását, a megfelelő nyomvonal kialakítást, továbbá a vezetékszakaszok hosszának és űrtartalmának lehetőség szerinti minimalizálását. Az anyagválasztásra vonatkozó nemzetközi szakirodalom meglehetősen ellentmondásos: az ilyen cikkek megjelentetését általában valamilyen kereskedelmi érdek motiválja. Az intenzív áramlási sebesség megvalósítása a biofilm kialakulását gátolja; a DIN 1988-300 [4/9] előírásában megjelenő 4 – 5 m/s áramlási sebességet ez indokolta. A nagy áramlási sebesség megvalósítása számos technikai nehézséggel jár: erősebbek az áramlási zajok és lényegesen nagyobb a rendszer nyomásvesztesége (ld. 3. példa).

4.6. A 49/2015. (XI. 6.) EMMI rendelet a *Legionella* által okozott fertőzési

kockázatot jelentő közegek, illetve létesítményekre vonatkozó közegészségügyi előírásokról [4/2]

A rendelet szerint a *Legionella*-fertőzési kockázatot jelentő létesítményekben, illetve a fokozott *Legionella*-fertőzési kockázatot jelentő létesítményekben el kell végezni a *Legionella*-fertőződési kockázat egységes módszertan szerinti felmérését. Ahol a rendelet szerint elvégzett kockázateértékelés magas kockázatot állapít meg, az Országos Közegészségügyi Központ módszertani levelében [4/6] meghatározott gyakorisággal monitoringot – a vízhőmérséklet rendszeres mérését, vagy a *Legionella*-koncentráció, speciális esetekben a 22 °C-on számolt telepszám rendszeres vizsgálatát – kell végezni. Ha a kockázatbecslés, illetve a monitoring alapján megállapítást nyer, hogy *Legionella*-fertőzési kockázat, illetve fokozott kockázat áll fenn, haladéktalanul kockázatkezelésről kell intézkedni.



A [4/2] rendelet értelmezésében

„*Legionella-fertőző kockázatot jelentő létesítmények*: az „olyan közforgalmú létesítmények, amelyekben *Legionella*-expozíció szempontjából kockázatot jelentő közegek találhatók”;

„*fokozott Legionella-fertőző kockázatot jelentő létesítmények*: „a *Legionella*-fertőző kockázatot jelentő létesítmények közül az egészségügyi és szociális intézmények, kereskedelmi szálláshelyek, nedves hűtőtornyok és azon közfürdők, ahol aeroszol előállító melegvizes medencét üzemeltetnek, különösen pezsgőmedencét, élménymedencét, hidroterápiás kezelőt”;

„*Legionella-expozíció szempontjából kockázatot jelentő közeg*: azon 20 – 50 °C közötti hőmérsékletű víz és az azt tartalmazó berendezések vagy rendszerek, amelyek használata, működése, bemutatása vagy karbantartása során aeroszol képződés lehetséges”.

kockázatkezelési intézkedési szint: „az a *Legionella*-koncentráció, vagy 22 °C-on számolt telepszám vizsgálati eredmény, amely az egyes *Legionella*-fertőző kockázatot jelentő létesítményekre, közegekre a rendeletben meghatározott értéket meghaladja.”

„...A kockázatkezelési szintnek a következő fokozatai vannak:

- a) figyelmeztető szint,
- b) beavatkozási szint, valamint
- c) azonnali beavatkozási szint.” [4/2]

A kockázatkezelési intézkedési szinteket meghaladó monitoring eredmények esetén a rendelet mellékletében foglaltak szerint kockázatkezelésről kell intézkedni (lásd a 8. táblázatot a következő oldalon). Ugyanígy azonnali beavatkozási szint szerinti kockázatkezelésről kell intézkedni, ha a létesítménnyel összefüggésbe hozható legionellosis megbetegedés történt.

A [4/2] rendelet 8. pontjában (Hatósági feladatok) a következők olvashatók:

„A *Legionella*-expozíció szempontjából kockázatot jelentő közegeket, a *Legionella*-fertőző kockázatot jelentő létesítményeket, illetve a fokozott *Legionella*-fertőző kockázatot jelentő létesítményeket a népegészségügyi feladatkörében eljáró járási (fővárosi kerületi) hivatal ... ellenőrzi és szükség szerint intézkedik.”

Az ellenőrzés során elsősorban a kockázatbecslési dokumentáció meglétét, majd annak tartalmát is ellenőrzik, hiszen ez képezi az alapját a szükséges tennivalóknak.



Ugyancsak a [4/2] szerint: „A *Legionella*-fertőződési kockázat egységes módszertan szerinti felmérését [és ennek kockázatbecslési dokumentációban történő rögzítését]... a rendelet hatályba lépésekor működő, *Legionella*-fertőzési kockázatot jelentő létesítményekben, illetve fokozott *Legionella*-fertőzési kockázatot jelentő létesítményekben e rendelet hatálybalépését követő egy éven belül, az e rendelet hatálybalépését követően létesítendő *Legionella*-fertőzési kockázatot jelentő létesítményekben, illetve fokozott *Legionella*-fertőzési kockázatot jelentő létesítményekben a használatbavételi engedély jogerőre emelkedését követő 2 hónapon belül kell elvégezni.”



8. táblázat. Kockázatkezelési táblázat – 2. melléklet a 49/2015. (XI. 6.) EMMI rendelethez (részlet) [4/2]

	A	B	C	D	E	F	G
1.	Létesítmény/ közeg megnevezése	Figyelmeztető szint	Figyelmeztető szint esetén szükséges intézkedések	Beavatkozási szint	Beavatkozási szint esetén szükséges intézkedések	Azonnali beavatkozási szint	Azonnali beavatkozási szint esetén szükséges intézkedések
2.	Használati- melegvíz- rendszerek	A Legionella- koncentráció 1000 TKE/l feletti legalább egy mintában, de kevesebb, mint a minták 50%-ában, és egyben sem magasabb 10000 TKE/L- nél	Kockázat- becslés és üzemelés felülvizsgálata és a szükséges helyesbítő tevékenységek elvégzése	A Legionella- koncentráció 1000 TKE/L- nél magasabb több, mint a minták 50%- ában, vagy 10000 TKE/L feletti legalább egy mintában	Kockázatbecs- lés és az üze- melés felül- vizsgálata, és a szükséges helyesbítő tevékenységek elvégzése. Azonnali újramintázás Újbóli hason- lóan magas csíraszám ese- tén kockázat- csökkentő beavatkozás	A Legionella- koncentráció 10000 TKE/l feletti a minták több mint 50 %- ában	Kockázatbecs- lés és üzeme- lés felülvizs- gálata és a szükséges helyesbítő tevékenységek elvégzése; azonnali kockázat- csökkentő beavatkozás*. Azonnali újramintázás
3.	Használati- melegvíz- rendszerek a fekvőbeteg ellátást biztosító egészségügyi szolgáltató érzékeny osztályain*	A Legionella- koncentráció 100 TKE/l feletti legalább egy mintában, de kevesebb, mint a minták 50%-ában, és egyben sem magasabb 1000 TKE/l- nél	Kockázatbecs- lés és az üzemelés felülvizsgálat és a szükséges helyesbítő tevékenységek elvégzése	A Legionella koncentráció 100 TKE/l-nél magasabb több, mint a minták 50%- ában, vagy 1000 TKE/l feletti legalább egy mintában	Kockázatbecs- lés és az üzemelés felülvizsgálata és a szükséges helyesbítő tevékenységek elvégzése, Azonnali újramintázás, fokozott kórház- higiénés felügyelet a tüdőgyulladá- sos esetek vonatkozásá- ban	A Legionella- koncentráció 1000 TKE/l feletti a minták több mint 50%- ában	Kockázatbecs- lés és az üzemelés felülvizsgálata és a szükséges helyesbítő tevékenységek elvégzése. Azonnali újra- mintázás, fokozott kórház- higiénés fel- ügyelet a tüdő- gyulladásos esetek vonat- kozásában. Azonnali kockázat- csökkentő beavatkozás*, vagy az érintett kórterem/ osztály bezárása

* az OKK által kiadott módszertani levél alapján



A kockázatértékelés elvégzéséért a *Legionella* fertőzés szempontjából kockázatot jelentő létesítmény üzemeltetője vagy tulajdonosa tartozik felelősséggel. A kockázatértékeléssel kapcsolatos feladatok ellátására célszerű az ügyben kellően tájékozott felelős személyt kinevezni. Az elkészített „dokumentációt a helyszínen, hozzáférhető helyen kell tárolni, és szükség esetén az ellenőrző hatóságnak bemutatni, illetve kérésre átadni.”

Az évente frissítésre kerülő Módszertani levél [4/6] részletesen megadja a kockázatbecslési dokumentáció kötelező tartalmi elemeit és részletesen taglalja, milyen rendszerek jöhetnek szóba egyáltalán a kockázatértékelés szempontjából. A kockázatértékelés elkészítése egyébként nem igényel speciális járványügyi, vagy épületgépészeti előképzettséget; a dokumentációt a Módszertani levél segítségével egy megfelelő helyi ismeretekkel rendelkező képzett (de nem speciálisan képzett) személy el tudja készíteni.

A Módszertani levél [4/6] kockázatértékeléssel foglalkozó 2.2. pontja szerint

„A *Legionella* fertőzés szempontjából kockázati közegnek tekintendő valamennyi olyan épített

vízrendszer, amelyben együttesen adottak az alábbi feltételek:

- A rendszerben 20 – 50 °C hőmérsékletű víz van.
- A rendszerben fennáll a pangó vízterek kialakulásának lehetősége. Ide tartoznak a nagy kiterjedésű rendszerek, amelyekben nem egyenletes, vagy nem minden ponton biztosított az áramlás, illetve az hosszabb-rövidebb ideig áramlás nélküli rendszerek.
- A rendszerben (üzemszerű működés során vagy havária esetén) finom eloszlású vízpermet (aeroszol) képződik.”

...

„A *Legionella* fertőzési kockázatot egy adott létesítmény esetén három tényező határozza meg:

- (1) a *Legionella* baktériumok jelenléte a rendszerben,
- (2) a képződő aeroszol mennyisége, és azon személyek száma, akik a *Legionellával* szennyezett aeroszollal kapcsolatba kerülhetnek,
- (3) az expozíciónak kitett személyek megbetegedés iránti fogékonysága.”



A kockázat „jellemzéséhez” a Módszertani levél [4/6] táblázata szolgál útmutatással az (1) – (3) szempontok szerinti besorolás alapján (ld. 9. táblázat).

9. táblázat. Értékelőlap a Legionella-kockázat jellemzéséhez [4/6]

Legionella csíraszám	Üzemeltetés*	Aeroszol képződés	Fogékony személyek száma	Kockázati besorolás
Nincs adat	megfelelő	csekély	csekély	alacsony
			jelentős	alacsony
		jelentős	csekély	alacsony
			jelentős	közepes
	nem megfelelő	csekély	csekély	közepes
			jelentős	közepes vagy magas**
		jelentős	csekély	közepes
			jelentős	magas
Kisebb, mint a figyelmeztető szint (adott közegre)	megfelelő	csekély	csekély	alacsony
			jelentős	alacsony
		jelentős	csekély	alacsony
			jelentős	alacsony
	nem megfelelő	csekély	csekély	közepes
			jelentős	közepes vagy magas**
		jelentős	csekély	közepes
			jelentős	magas
Figyelmeztető és beavatkozási szint között (adott közegre)	megfelelő	csekély	csekély	közepes
			jelentős	közepes
		jelentős	csekély	közepes
			jelentős	magas
	nem megfelelő	csekély	csekély	közepes
			jelentős	közepes vagy magas**
		jelentős	csekély	közepes
			jelentős	magas
Nagyobb mint a beavatkozási szint (adott közegre)	a csíraszám feltételezi a nem megfelelő üzemelést	csekély	csekély	közepes
			jelentős	magas
		jelentős	csekély	magas
			jelentős	magas

* az 2-6. mellékletek szerint végzett értékelés alapján megfelel-e a 2.3. fejezetben részletezett jó gyakorlatnak

**a létesítmény jellegétől függően



Ha az értékelő lap szerinti értékelés „magas” kockázatot állapít meg, akkor a Módszertani levélben meghatározott gyakorisággal monitoringot kell végezni. A monitoring során vízmintavételt is kell végezni, és annak eredménye függvényében kell megtenni a 8. táblázat szerinti kockázatkezelési intézkedéseket.

A Módszertani levél [4/6] – hasonlóan pl. a nedves hűtőtornyokhoz – ismerteti az ivó- és használati melegvíz-rendszerek esetében követendő jó gyakorlatot (*good practice*) a rendszerek kialakítására és optimális üzemeltetésére.

A *Legionella*-kockázat csökkentésének legalapvetőbb módja az ivóvíz- és használati melegvíz-rendszerekben a megfelelő víz hőmérséklet biztosítása. Az ivóvíz hőmérséklete legyen 20 °C alatti, és 2 perces kifolytatás után ez a hőmérséklet az épület legtávolabbi pontján is legyen elérhető. Jó üzemeltetés esetén a teljes víz hálózaton 3 °C-nál (nagy kiterjedésű hálózatok esetén 5 °C-nál) nagyobb a hőmérséklet-emelkedés nem engedhető meg. Azoknak az ivóvíz rendszereknek, ahol a vízbázis sajátosságai miatt már az épületbe belépő víz hőmérséklete is meghaladja a 20 °C-ot, a rendszer kockázata jó üzemeltetés mellett is magasabb, és ezt a kockázatbecslésnél figyelembe kell venni.

A HMV rendszerek minden pontján folyamatosan 50 °C feletti víz hőmérsékletet kell biztosítani. A HMV hőmérséklete 1 perces kifolytatást követően valamennyi csapolón haladja meg az 50 °C-ot, optimálisan az 55 °C-ot. A HMV előremenő hőmérséklet optimálisan üzemeltetett rendszerek esetén 55 – 60 °C. A cirkuláció lehűlése ne haladja meg a 10 °C-t, de törekedni kell az 5 °C-nál nem nagyobb különbségre.

A HMV tartály vizét rendszeresen (kisméretű rendszerek esetében hetente, nagyobb rendszerek esetében naponta legalább 1-1 órára) 70 °C-ra kell emelni. Ahol a forrázásveszély elkerülése érdekében 50 °C-nál alacsonyabb víz hőmérsékletet kell megvalósítani (pl. egészségügyi vagy oktatási intézmények), ott termosztatikus kényszerkeverő csaptelepeket kell alkalmazni. „Amennyiben egy termosztáthoz több csapoló tartozik, a termosztát utáni vezetékszakasztér fogata ne legyen több mint 2 liter.” [4/6] Gondoskodni kell a HMV tartályok „rendszeres (az üledékképződés mértékétől függő, általában évenkénti) tisztításáról. A tartály tisztítónyílása legyen kellően nagy ahhoz, hogy a tartály egész felülete



mechanikusan tisztítható legyen.” [4/6] Ha az szükséges, a tisztítást 50 mg/l klórtartalmú fertőtlenítőszerrel kell elvégezni.

A HMV rendszerben cirkulációt kell kiépíteni. A cirkuláció nélküli vezetékszakaszban a víz térfogata ne legyen több mint 2 liter. A cirkulációs hálózatot be kell szabályozni.

„Az ivó- és melegvíz hálózatokba az ivóvíz minőségéről és az ellenőrzés rendjéről szóló 201/2001. (X. 25.) Kormányrendelet értelmében csak az Országos Tisztifőorvosi Hivatal (OTH) által nyilvántartásba vett anyagokat és szerelvényeket lehet beépíteni, amelyeknek megbízhatóságát az Országos Közegészségügyi Központ (OKK) ellenőrizte. A használati melegvíz hálózatba beépített csőanyagoknak és szerelvényeknek alkalmasnak kell lenniük a névleges hálózatra menő melegvíz hőmérsékletnél 10 °C-kal magasabb hőmérsékletű üzemre (70 °C).” [4/6]

„Az ivó- vagy melegvíz rendszerbe beépített kiegészítő vízkezelő berendezéseket (pl. lágyító, vízsűrő) a gyártói utasítás szerint, de jellemzően 1-3 havonta tisztítani és fertőtleníteni kell.

A huzamosabb ideig használaton kívüli csőszakaszokat és szerelvényeket legalább hetente egyszer néhány percig a lehető legmagasabb hőmérsékletű melegvízzel át kell mosatni. Az egészségügyi létesítményekben a szerelvények hideg- és melegvízes átmosatása legyen a napi takarítás része.” [4/6]

A Módszertani levél ismerteti a hideg ivóvíz és a használati melegvíz rendszerekben alkalmazható kockázatcsökkentő beavatkozásokat.

Mivel a legnagyobb kockázatot a huzamosabb ideig használaton kívüli, pangó szakaszok jelentik, törekedni kell ezek minimalizálására. A módszertani levél javaslatot ad az ilyen szakaszok rendszerről való leválasztására, az ideiglenesen használaton kívüli szakaszok leürítésére.

Hőfertőtlenítés esetén a használati a hálózatra menő melegvíz hőmérsékletét legalább 70 °C-ra érdemes emelni, majd szakaszosan haladva a legtávolabbi csapoló irányából valamennyi kifolyót 3 percig forró vízzel át kell áramoltatni. Problémát jelenthet, ha a rendszerbe beépített anyagok (pl. a csaptelepek perlátorának műanyagbetéte) nem viselik el a magas hőmérsékletet. A hőfertőtlenítés hatása általában átmeneti, néhány hét vagy hónap, ezért rendszeres kockázatcsökkentő beavatkozásként nem javasolják.



A kémiai fertőtlenítést nagy dózisu, sokk-szerű vegyszeres kezeléssel célszerű azonnali kockázatcsökkentésre alkalmazni. Folyamatos kiegészítő fertőtlenítés megfelelően megválasztott módszerrel a *Legionella* csíraszám tartós visszaszorítására is alkalmas. Ez akkor alkalmazható például, ha a vízhálózatban megfelelő az átáramlás, ugyanakkor az 50 °C-nál magasabb vízhőmérsékletet nem lehet elérni. Ivó- és használati melegvíz rendszerek fertőtlenítésére csak az OTH által nyilvántartásba vett anyagot lehet használni. Ezek jelenleg (2017) a következő vegyszerek: hipoklorit, klór-dioxid, valamint hidrogén-peroxid és ezüst vagy perecetsav kombinációja. A fertőtlenítés során a szükséges behatási idő az alkalmazott anyag és koncentrációjának függvénye. A klór-dioxid a klórnál hatékonyabb fertőtlenítőszer, amely a már kialakult biofilm eltávolítására is alkalmas lehet. Ennél a vegyszernél a legalacsonyabb a fertőtlenítési melléktermékek keletkezésének kockázata.

A beérkező hidegvíz vezetékbe épített UV lámpa csökkenti a rendszer kolonizációját. A felhasználási ponton beépítve a végkifolyón a *Legionella* és az egyéb baktériumok csíraszama jelentősen csökkenthető. A gyártó által megadott élettartam lejártakor a lámpákat cserélni kell. A módszer folyamatos fertőtlenítésre alkalmas, kiegészítő fertőtlenítésként egyéb módszerekkel kombinálva is alkalmazható. Hátránya, hogy a teljes rendszerben csak megelőzésre alkalmas, már meglevő kolonizáció eliminálására nem. Az eredményességére vonatkozó nemzetközi szakirodalom ellentmondásos: a vízben lévő szennyeződések védelmet nyújthatnak a legionelláknak és egyéb baktériumoknak az UV-sugaras fertőtlenítéssel szemben.

A felhasználási ponton az egyes csapolókra felszerelhetőek olyan, erre a célra kifejlesztett baktériumszűrők, amelyeknek nagy előnye, hogy velük a víz teljesen baktériummentessé tehető. A kereskedelemben kapható szűrők között vannak egyszer használatos, és többször felhasználható (sterilezhető) típusok. A szűrők azonnali kockázatcsökkentésre alkalmasak. Hátrányuk, hogy igen költségesek, ezért alkalmazásuk elsősorban a kiemelt egészségügyi létesítmények fokozottan érzékeny osztályain (pl. intenzív terápiás, haematológiai, sebészeti, transplantációs osztályokon) javasolt. Csak akkor hatékonyak, ha az adott helyiség légtérében minden használatban levő végkifolyóra baktériumszűrőt szerelnek.



4.7. A 4. fejezetben hivatkozott irodalom

- [4/1] Barna Zsófia: Legionella kolonizáció terjedése és diverzitása épített vízrendszerekben; PhD értekezés, Eötvös Lóránd Tudományegyetem, 2016. július
- [4/2] 49/2015. (XI. 6.) EMMI rendelet a Legionella által okozott fertőzési kockázatot jelentő közegekre, illetve létesítményekre vonatkozó közegészségügyi előírásokról
- [4/3] Szánthó Zoltán: A „légionárius-betegség” és hazai előfordulásai; Magyar Épületgépészet, XLII. évf. 1993/11. szám, p. 3-5.; 1994/1-2. szám, p. 3-8.
- [4/4] Eördöghné Dr. Miklós Mária: Legionella-mentesítési megoldások vízhálózatokban; Magyar Épületgépészet, LXV. évf. 2016/7-8. szám, p. 3-7.
- [4/5] Kruppa, Boris (2012): Sanitärtechnik / Medienversorgung – Planungsgrundlagen. Technische Hochschule Mittelhessen, Mittelhessen.
- [4/6] Módszertani levél a Legionella által okozott fertőzési kockázatot jelentő közegekre, illetve létesítményekre vonatkozó kockázat értékeléséről és a kockázatcsökkentő beavatkozásokról – 2. kiadás; Országos Közegészségügyi Központ, 2017
<http://oki.antsz.hu/files/dokumentumtar/modszertani-utmutato-legionella-2017.pdf>
- [4/7] DVGW-Arbeitsblatt W551: Technische Maßnahmen zur Minderung des Legionellenwachstums in Neuanlagen; DVGW Bonn, 2004 április
- [4/8] DVGW W553: Bemessung von Zirkulationssystemen in zentralen Trinkwasser-erwärmungsanlagen; DVGW Bonn, 1998 december
- [4/9] DIN 1988-300: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen – Teil 300: Ermittlung der Rohrdurchmesser; Technische Regel des DVGW; 2012 május
- [4/10] Energieeinsparverordnung (EnEv) 754-4-10 – Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden; 2007 október (utolsó módosítás: 2015. október)



5. Tervezési-kialakítási követelmények, helyes műszaki megoldások

Segédletünk a vízellátással szemben támasztott követelmények közül az ivóvízminőség kérdését tárgyalja kiemelten. Természetesen az ivóvíz higiénia követelményei mellett ugyanúgy a többi, a vízellátás felé megfogalmazott elvárásnak is teljesülnie kell. Az egyik újdonságot az új súlypontú tervezésben talán az jelenti, hogy nem tekintjük a vízellátó rendszer működését állandósultnak, figyelembe kell vennünk a vízben zajló mikrobiológiai változásokat, és a nem kívánt folyamatokat a lehetséges legnagyobb mértékben vissza kell szorítanunk tervezési, kivitelezési és üzemeltetési eszközökkel egyaránt.

Az épületgépészeti tervezési ismeretek teljes körének felelevenítése terjedelmi korlátok miatt nem célja ennek az írásnak. Főleg azokat a sarokpontokat szeretnénk tárgyalni, amelyekben a korábbi gyakorlattal összehasonlítva változás szükséges.

5.1. A szabványokban rögzített kialakítási követelmények

5.1.1. MSZ-04-132:1991 szabvány

Az MSZ-04-132:1991 jelzetű magyar építésügyi ágazati szabvány [5/1] érvényességének kezdete 1992. március 1., tehát jóval a korábban hivatkozott európai irányelv előtt született, de a hazai gyakorlatban még mindig használatban van, nem vonták vissza [5/7].

A szabvány általánosságban megfogalmazza: „A vezetékhálózatokat és berendezéseket úgy kell kialakítani, hogy azok energiatakarékos és komplex módon kielégítsék a velük szemben támasztott műszaki, rendeltetési, élet-, egészség- és környezetvédelmi, továbbá a biztonsági és munkavédelmi követelményeket. A vezetékek és berendezések korrózió-, zaj- és hővédelméről, előírt mértékű érintésvédelméről gondoskodni kell.”

Már a szabvány 1. fejezetében utalás található arra, hogy „Közmű-, illetőleg ivóvíz-hálózatra kapcsolni csak olyan csővezeték, szerelvényt szabad, amelyre szabvány vagy alkalmassági bizonyítvány van.”

A szabvány függeléke részletesen foglalkozik a csővezetékek méretezésével. Itt rögzíti: „A vezetékméreteket úgy kell megállapítani, hogy a szükséges kifolyási nyomás – 0,5 bar – az előforduló egyidejűség figyelembevételével a legkedvezőtlenebb helyzetű csapolónál is



biztosítva legyen.” A szabvány a vízsebesség legnagyobb értékét a következők szerint adja meg:

bekötő és alapvezetékben	2,5 m/s,
felszállókban	1,5 m/s,
ágvezetékben	1,5 m/s,
csendet igénylő épületek vezetékeiben	0,5...1,0 m/s.

A kidolgozás időpontjából adódóan természetesen ez a szabvány nem utalhat a később született európai irányelv előírásaira és nem tartalmazza az egészséges ivóvíz kritériumait.

5.1.2. MSZ EN 806 jelzetű szabványsorozat

Az épületen belüli, emberi fogyasztásra szánt vizet szállító vezetékekre és berendezésekre vonatkozó szabványsorozat ([5/2] – [5/6]) már az európai irányelvek és előírások alapján készült.

A vízminőség és a korrózió elkerülése szempontjából fontos tervezési követelményeket a szabványsorozat 2. része az alábbiak szerint foglalja össze:

Az ivóvízellátó rendszereket úgy kell megtervezni, hogy:

- „a) elkerülhető legyen a vízpazarlás, a túlzott mértékű felhasználás, a nem megfelelő felhasználás, illetve az ivóvíz szennyeződése;
- b) elkerülhetők legyenek a túlzott áramlási sebességek, a csapoló szerelvények túlságosan kicsi vízátbocsátása, valamint a víz pangása a rendszerben;
- c) valamennyi vízvételzési helyen biztosított legyen a megfelelő használhatóság a nyomás, a csapolók vízátbocsátása, a víz hőmérséklet és az épülethasználat módjának a vonatkozásában;
- d) a rendszer feltöltése, illetve üzemeltetése során elkerülhető legyen a levegőzárványok kialakulása;
- e) még az épület vagy berendezéseinek veszélybe kerülése esetén se jelentsen fenyegetést vagy okozzon kellemetlenségeket a személyek és háziállatok számára;
- f) elkerülhetők legyenek a károsodások (például vízkőképződés, korrózió és bomlás), és a helyi környezeti hatások az ivóvíz minőségét ne befolyásolják hátrányosan, illetve ne veszélyeztessék;
- g) biztosított legyen a szerelvényekhez való hozzáférés, illetve azok karbantartása;



- h) kiküszöbölhetők legyenek a keresztkapcsolatok, valamint
- i) a keletkező zaj szintjét alacsonyan lehessen tartani.” ([5/8] szerinti fordítás)

Az MSZ EN 806-3:2006 szabványban [5/4] foglaltaknak megfelelően szükséges a csőátmérők számításán alapuló meghatározása. A higiéniai szempontból lényeges, intenzív vízcsere érdekében lehetőleg minél több szakaszon nagy áramlási sebességet kell biztosítani, ez azonban a szabvány szerint a felszálló vezetékek és a szintet ellátó vezetékek esetében max. 2,0 m/s, míg a csapolóhelyeket ellátó egyedi ágvezetéseknél legfeljebb 4,0 m/s legyen. Ezek a sebesség- értékek természetesen feltételezik az alkalmazott szerelvények erre való alkalmasságát, valamint a víz bekötővezetékben az elegendő nagyságú közműnyomást.

5.2. A tervezés alapvető szempontjai és folyamata

Az előző fejezetekből, a hivatkozott európai irányelvből és szabványból egyértelműen kitűnik, hogy az ivóvízhálózatok tervezése során nagy hangsúlyt kap a víz minőségének a megőrzése, a vízminőség romlás elkerülése. Az ivóvízbiztonság, ivóvíz higiénia szempontjai megelőzik mind a víztakarékossággal, mind az energiatakarékossággal kapcsolatos elvárásokat, amit az ivóvíz élelmiszer volta indokol. Ebből adódóan az ivóvíz higiénia a víz beszerzésétől a vízkezelésen, vízmelegítésen keresztül egészen az utolsó vízszolgáltatási pontig elsőrendű fontosságú, az ivóvízellátó rendszert és a létesítését szolgáló teljes folyamatot – tervezés, kivitelezés, üzemeltetés – tekintve.

Összhangban a hivatkozott MSZ EN 806 jelzetű szabványsorozattal, az ivóvízellátó hálózatoknak 3 + 1 alapvető követelménynek kell megfelelniük:

biztosítani kell az ivóvizet

- a szükséges mennyiségben,
- az elvárt minőségben,
- a felhasználáshoz szükséges nyomáson,
- a kívánt hőmérsékleten – melegvíz és hidegvíz esetén is.

Az ivóvíz higiénia tárgyalásánál a víz hőmérséklet nemcsak a melegvíz esetében kerül előtérbe, hanem a hidegvíznél is fontossá válik, és értéke tervezési eszközökkel is befolyásolható. Ami miatt mégis a „+1” pozíciót kapta, azt a hideg- és melegvíz hálózatok



méretezése közötti különbségek indokolhatják. Míg a hidegvíz kifolyási hőmérsékletét a csapolónál nem a hagyományos értelemben, számszerűsíthető paraméterekkel tudjuk a kedvező tartományban tartani, addig a melegvízellátó rendszerek méretezése több lépcsős, sok szempontot figyelembe vevő tervezési lépés, aminek részét képezi a kívánt vízhőmérséklet számításba vétele is.

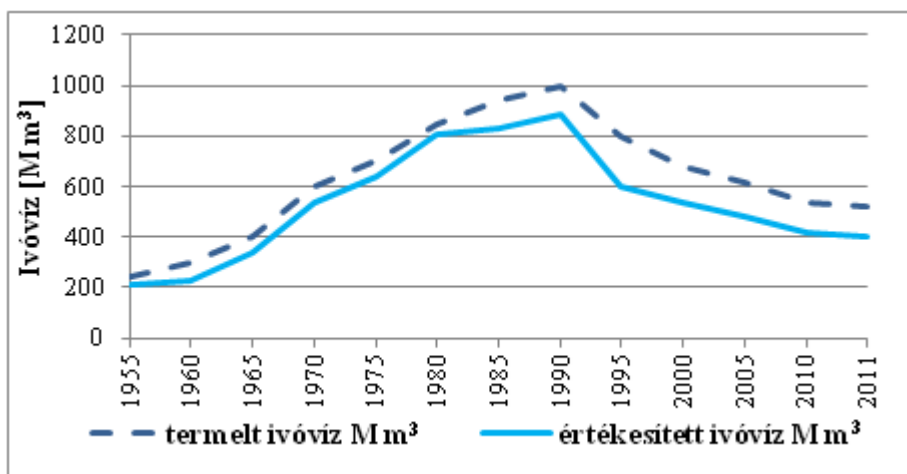
5.2.1. Szükséges vízmennyiség – mértékadó terhelés

A vízhálózat méretezés alapvető kiindulási adata a mértékadó terhelés, az összes csapolón egyidejűleg vételezett vízmennyiség. Ennek értéke nagymértékben változik a létesítmény funkciójától függően. Meghatározására tapasztalati összefüggések szolgálnak, amelyek sok esetben az ún. fejadagon, az egy egység – személy, betegágy, kiló kenyér stb. – ellátására, előállítására elegendő vízmennyiség ismeretén alapulnak. A módszer két, nagy körültekintést igénylő jellemzője/lépése:

- a fejadag aktuális, lehető legpontosabb értékének meghatározása
- a fejadagból kalkulált napi átlagfogyasztás melletti ingadozás mértékének meghatározása.

A termelési célú, vagy ismert fogyasztási profilú létesítmények esetében a vízigény könnyebben számolható, bár itt is lehetnek az aktuális peremfeltételek alapján egyedileg kalkulálандó értékek. Nagyobb bizonytalansággal határozható meg a lakóépületek vízigényének időbeli változása amiatt, hogy itt sztochasztikusan jelentkezik a vízvételzés. Az utóbbi 25 év vízfogyasztás csökkenése⁴ indokolja (22. ábra), hogy a mai fogyasztási értékeknek megfelelő, reálisan várható vízfogyasztási adatokra alapozzuk a méretezést.

⁴ 1990 óta a vízfogyasztás Magyarországon 47,4%-ra esett vissza [5/9]



22. ábra. Az ivóvíz-szolgáltatás mennyiségi változása 1955–2011 között [5/9]

A vízigény reális értékére, nem biztonsági túlméretezésre alapozott tervezés fontosságát éppen az ivóvíz higiénia követeli meg: a vízhálózatban a másodlagos vízminőség romlás elkerülésének egyik leghatékonyabb eszköze egy olyan pangásmentes, lerakódások kialakulásának nem kedvező, *intenzív vízsebesség*, ami viszont az áramlási veszteségek növekedését hozza magával (lásd 5.5. fejezet, 4. példa). A nagyobb áramlási sebesség egy indokolatlanul nagy vízigényre tervezett térfogatárammal működő rendszer esetében a szivattyúzási munka tetemes megnövekedésével jár.

Az *intenzív áramlás*, akár 4-5 m/s (amit a DIN 1988 és az MSZ EN 806-3:2006 szabvány javasol) sebesség fenntartása az ivóvíz higiénia elengedhetetlen feltétele, ezért ha az energetikai mutatókat kedvező irányba kívánjuk befolyásolni, akkor megnő a mennyiségi túlméretezés elkerülésének jelentősége. Ez a tény indokolja, hogy a vízellátó hálózatokban a vezeték-szakaszok méretét ne a korábban megszokott „ökölszabályok” alapján válasszuk meg, hanem pontos méretezéssel határozzuk meg az adott hálózat paramétereit mellett a legkisebb, a kívánt vízmennyiséget és víznyomást még biztosító csőátmérőt. Ilyen módon a *rendszer űrtartalom minimalizálását* érjük el, rövidül a víz tartózkodási ideje a hálózatban.

A használati melegvíz esetében a mennyiségi vízigények reális felmérése még nagyobb jelentőségű, mivel itt többlet energiát kell bevinnünk a kívánt víz hőmérséklet eléréséhez. A túlméretezés HMV esetében az energetikai hátrányok mellett a baktériumszaporodás veszélyét is magában hordozza, ezért nem célszerű túlzó biztonsági tartalékkal számolnunk a HMV-ellátó rendszer méretezésekor. Jó, ha a melegvítároló naponta leürül, ennél hosszabb



ideig ne tároljuk benne a vizet, tekintettel arra, hogy a melegvízben intenzívebb a baktériumok szaporodása (lásd 5.5. fejezet, 2. példa).

5.2.2. Elvárt vízminőség – egészen a mértékadó csapolóig

A vízszolgáltató az ellátó hálózatba az előírásoknak megfelelő minőségű vizet táplál. Azt, hogy a víz a csőhálózatban ne szenvedjen el ún. *másodlagos vízminőség romlást*, számos tervezési, kivitelezési, üzemeltetési módszerrel tudjuk befolyásolni mind pozitív, mind negatív irányba.

5.2.2.1. Tervezési eszközök a hálózati ivóvíz minőségének befolyásolására

A vezetékes víznek mind hidegvíz, mind melegvíz formájában szolgáltatva meg kell felelnie az ivóvíz-minőségi követelményeknek. Az ellátó hálózatba megfelelő minőségben betáplált ivóvíz minőségének változását [5/10] több tényező befolyásolja:

- a még kezeletlen nyersvíz minősége;
- a víztisztítási folyamatok hatékonysága;
- a tisztított víz minőségi (kémiai, biológiai, fizikai) jellemzői;
- a csőhálózat állapota (víztömörtség, korrózió, a vezetékek falán kialakuló biofilm stb.);
- a tartózkodási idő a vízelosztó rendszerben.

A fenti paraméterek közül az első három és részben a negyedik a vízszolgáltató által jól kézben tartható, a megengedett tartományon belül maradnak a vízminőségi mutatók. A drasztikus vízfogyasztás csökkenés [5/11] következtében azonban, ami a rendszerváltozás óta kialakult, a vízellátó hálózatok jelentős hányada mára túlméretezetté vált, az áramlás intenzitása a vezetékekben helyenként nagyon lecsökkent, a tartózkodási idő nőtt, ami lerakódások, biofilm kialakulásához vezethet. Ezeket a kedvezőtlen peremfeltételeket a vízszolgáltatók fokozott vízbiztonsági intézkedésekkel, a megváltozott hidraulikai viszonyokhoz igazodó vízkezelési technológiával kompenzálják annak érdekében, hogy a vízminőség egészen a vízvételi helyig, a csapolóknál is megfelelő legyen, ami a szolgáltató felelőssége. Ezt írja elő ugyanis a Víziközmű törvény [5/12]. Ennek az előírásnak a betartásához mind új fogyasztói vízhálózat létesítésekor, mind működő rendszer átalakításakor (pl. mellékvízmérő beépítése stb.) belső vízhálózati tervet kér a vízszolgáltató,



hogyan ellenőrzési feladatának meg tudja felelni. A törvény szerencsés hozadéka tehát, hogy az épületen belüli vízellátó rendszerek építéséhez a részletes tervezés kötelezettségét szigorúan megkövetelik, ami a vízhálózatok túlméretezésének elkerülését is segítheti. Tervek birtokában ugyanígy a vezetékelrendezés módja is tudatos, átgondolt döntés eredménye lehet, ami a vezetékekben baktérium-mentesség szempontjából előnyös áramlási viszonyok kialakulásához járul hozzá [5/13].

Ha a számos befolyásoló tényező hatását figyeljük, amelyek a víz minőségváltozását az ellátó hálózatban közvetve vagy közvetlenül előidézik, akkor ezeket egy fogalomként a vízcseré, átöblítés gyakoriságaként nevezhetjük meg. A jó vízminőség megtartása érdekében a cél a víz pangásának elkerülése.

A kellő átöblítés feltétele egy adott, rendelkezésre álló hálózati nyomásszint mellett egyebek között az, hogy a vezetérendszer nyomásvesztése alacsony legyen. Ezt vezetékatmérő – és ezzel a rendszerűrtartalom – növelése nélkül kell megvalósítanunk. Ehhez optimalizálni szükséges a súrlódási és az alaki ellenállások nagyságát, vagyis mind a vezetékek mentén kialakuló, mind az idomok, szerelvények okozta nyomásvesztéget alacsony határérték alatt kell tartani. Az első nyomásvesztés-hányad, a súrlódási ellenállások redukálásának eszközei adott vízigény mellett:

- optimális vezetékatmérő;
- optimális vezetékhosszúság;
- hidraulikailag kis ellenállású vezetéktípus – csőanyag, vezetékelrendezés (vezetékhosszúság).

Optimális vezetékatmérő

Már az optimális vezetékatmérő meghatározása kompromisszum eredményeképpen alakulhat ki: a nyomásvesztés minimalizálása az átmérő növelését, a kellő intenzitású átöblítés viszont az átmérő csökkentését igényli, e kettő között kell optimumot keresni a tervezés során. A gyakorlati tapasztalatokat elemző szakirodalmi ajánlások újabban a korábban megszokottnál kisebb vezetékméreteket alkalmazását javasolják [5/14], [5/15]. A kisebb vezetékatmérők alkalmazásakor fokozott figyelmet kell fordítani az idomok, szerelvények alaki ellenállására. Ennek jelentőségét az is mutatja, hogy a német szabvány szerint a



méretezéskor a betervezésre kerülő vezetékrendszer idomainak alaki ellenállását a gyártó által megadott értékekkel kell figyelembe venni.

Optimális vezetékhosszúság

A vezetékhosszúság az építészeti alaprajztól is függ, nevezetesen a vizes helyiségek – fürdőszoba, konyha, háztartási és gépészeti terek – helyének megválasztásától, a berendezési tárgyak helyiségen belüli elrendezésétől. Az építészeti kialakítás mellett a csőhálózat nyomvonalvezetése az, ami döntően meghatározza az egyes csapolókig tartó vezeték hosszúságát és ezzel együtt víztartalmát is. A különböző hosszúságú vezetékszakaszok a HMV azonos hőmérsékleten tartását, a termikus kiegyenlítést is megnehezítik. Ezt a problémát kezeli a cirkulációs rendszerek tervezésére vonatkozó DVGW (Német Gáz- és Vízügyi Egyesület) W551-553 ajánlás ún. „3-literes szabálya”, amely a vízmelegítő kilépő csónkja és a vízvétel helye között legfeljebb 3 liter víztartalmú vezetékmennyiséget engedélyez.

Célszerű csőanyag-választás

A 201/2001 Kormányrendelet [5/28] szerint „Az ivóvízellátó rendszereket üzemeltetőnek minden intézkedést meg kell tennie annak érdekében, hogy az ivóvíz előállítása (beszerzése, kezelése, tárolása, elosztása) során a vízzel érintkezésbe kerülő anyagok, termékek, a vízkezelési eljárások ne jelentsenek veszélyt az emberi egészségre, az élelmiszerbiztonságra és hatásukra ne történjen vízminőségromlás.... Magyarországon területén csak az e rendeletnek megfelelő, vízzel érintkezésbe kerülő anyagok, termékek és technológiák használhatók.” Az első hazai forgalmazást megelőzően a forgalmazónak az ivó- és használati melegvízellátásban vízzel közvetlenül érintkező anyagokat, termékeket a kormányhivatal felé be kell jelenteni. „A vízzel közvetlenül érintkező anyagok, termékek bejelentésének meglétét, a bejelentésben foglalt alkalmazási feltételek betartását, a technológiák ivóvízbiztonsági engedélyének meglétét, az engedélyben foglalt előírások teljesülését, a tájékoztatási kötelezettség betartását az illetékes népegészségügyi szerv ellenőrzi.” A rendelet e pontja vonatkozik az ivó- és használati melegvízellátásban használatos műanyag és fém csövekre és tartályokra, az alkalmazott műanyag, kerámia vagy zománc bevonatokra, a szerelvényekre:



szelepekre, csapok és csaptelepekre, a szivattyúkra, a vízmérőkre, a ragasztó, a javító és tömítő anyagokra stb.

A nyilvántartásba vétel feltétele az Országos Közegészségügyi Intézet (OKI) által kiadott pozitív elbírálású szakvélemény; szükséges továbbá a 275/2013 [5/29] számú, „Az építési termékek építménybe történő betervezésének és beépítésének, ennek során a teljesítmény igazolásának részletes szabályairól” szóló kormányrendeletnek való megfelelés igazolása. A nyilvántartásba vett anyagok listája az antsz.hu honlapon érhető el „közhiteles nyilvántartás, alkalmazási engedélyek szavakra keresve:

https://www.antsz.hu/data/cms66213/HONLAPRA_04.21._Kozhiteles_nyilvantartas_alkalmazasi_engedelyek__ivovizbiztonsagi_engedelyek__bejelentések.pdf

A magas költségek miatt egyes, csak kis darabszámban forgalmazható termékekkel a gyártók és képviselőik nem viszik végig a 201/2001 kormányrendelet szerinti engedélyeztetési és nyilvántartásba vételi eljárást, így ma az az ellentmondásos helyzet állt elő, hogy számos korszerű, higiéniai szempontból kifogástalan, Európa többi országában forgalmazott termék Magyarországon hivatalosan nem építhető be az ivó- és használati melegvíz rendszerekbe.

A célszerűen alkalmazható fém vezetéksanyagokat az MSZ EN 12502 szabvány [5/16] útmutatásai írják le, műanyag vezetékek esetében a hidraulikailag sima felület anyagadottság. Ha a jó vízminőség fennmaradása szempontjából meghatározó lerakódások kialakulásának feltételeit vizsgáljuk, akkor elmondható, hogy a műanyag vezetékek a nagyobb hőtágulásuk/összehúzódásuk következtében a lerakódó rétegek képződését gátolják.

Ahhoz, hogy az elvárt vízminőség a Kormányrendelet szerinti vízvételi helyen – ami a fogyasztói hálózatban található csaptelepeket, vízvételi helyeket jelenti – is megfelelő legyen, átgondolt vezetérendszer kialakításra, anyagválasztásra, üzemeltetésre van szükség. Elsőrendű szempont a rendszer hozzáigazítása annak a víznek az adottságaihoz, amely vizet a rendszer szállítja. Így például magas réztartalmú nyersvíz esetén kedvezőtlen lehet rézvezeték választása, még akkor is, ha az új szabályozás magasabb réztartalmat enged meg (ld. az 1. fejezetben látható 2. táblázatot). A víz jelenlétében zajló kémiai reakciók miatt azonban több szempontot is figyelembe kell venni a jó vízminőség fenntartása érdekében, ilyen például az említett réztartalom esetében a víz pH-értéke (itt a réz miatt a 7,5-nél nagyobb pH-érték a kedvező). Egyéb útmutatás híján a vízszolgáltató vízminőségre vonatkozó tájékoztatása és a



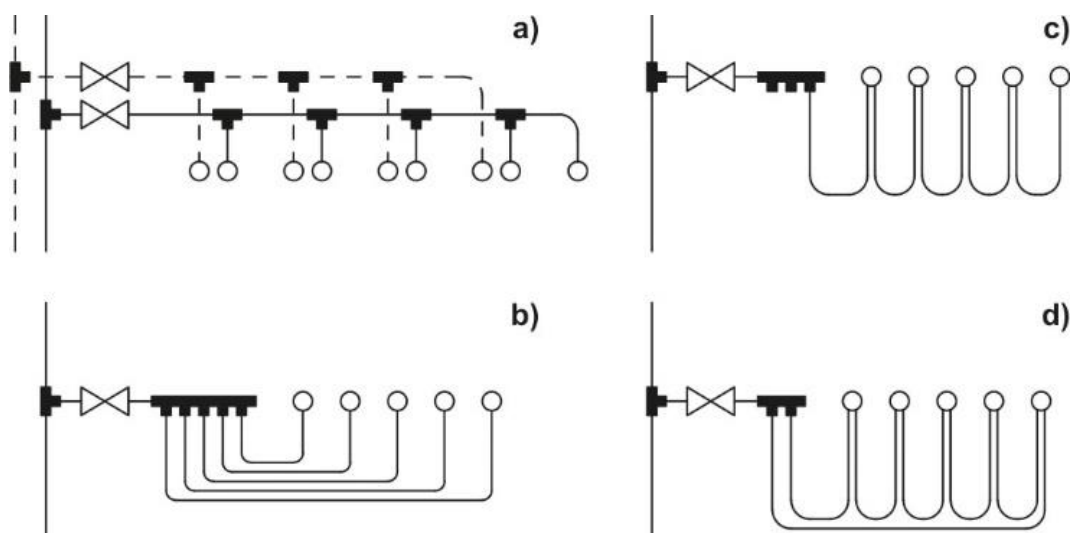
választott csőanyagot leíró műszaki információk alapján hozható meg a döntés az alkalmazásra kerülő csőanyagról.

A fentiek alapján az ivóvíz minőség fennmaradásában felértékelődik a szerepe annak, hogy milyen a választott

Vezetékelrendezési mód

A leggyakrabban használt ivóvízvezeték-elrendezési módok (23. ábra):

- T-idomos (felfűzött) bekötési mód – 23. ábra a);
- osztó-gyűjtős (sugaras) bekötési mód – 23. ábra b);
- soros bekötési mód – 23. ábra c);
- körvezetékes bekötési mód – 23. ábra d).



23. ábra. Ivóvízvezeték elrendezési módok: a) T-idomos (felfűzött) bekötési mód, b) osztó-gyűjtős (sugaras) bekötési mód, c) soros bekötési mód, d) körvezetékes bekötési mód

Az egyes vezetékelrendezési módok jellemzői az ivóvízhigiénia szempontjából meghatározó átöblítés illetve rendszerűrtartalom vonatkozásában:

- a T-idomos rendszerek víztartalma a legalacsonyabb, a ritkán használt csapolók ágvezetékeiben viszont a vízmozgás nem elég intenzív; a rendszer átöblítését javítja, ha a vezeték végére gyakran használt csapoló kerül;
- az osztó-gyűjtős rendszereknél az egyes csapolókig tartó vezetékek űrtartalma kicsi a kisebb vezetékátmérő és az „oldalágak” hiánya következtében, de a teljes rendszer-



űrtartalom nagy, emellett hosszú, áramlásmentes időszakok alakulnak ki a ritkán használt csapolók vezetékében;

- soros rendszereknél a sor végén található csapolóig tartó vezeték űrtartalma nagy, viszont az utolsó csapoló használatakor a teljes vezetéken megindul az áramlás;
- körvezetékes rendszereknél a kétirányú megtáplálás miatt kisebb vezetékátmérő elegendő (ennek méretezése a *Cross*-módszer alapján történhet [5/17], és bármely csapoló használatával megindul a vízáramlás a teljes körben.

A víz minőségi paraméterei közé kell sorolnunk a *víz hőmérsékletet* is. Hidegvíz esetében az ivásra kellemes hőmérséklet $8 \div 14$ °C, melegvíz esetében a kívánatos víz hőmérséklet a felhasználástól függ. Az MSZ 04-132 szerint a csapolónál biztosítandó víz hőmérséklet legalább 40 °C, de legfeljebb 55 °C legyen. A baktériummentes HMV-szolgáltatási szempontok ennél magasabb víz hőmérsékletet ajánlanak, ahol a mikroorganizmusok, például a *Legionella*-fajok szaporodása már nem számottevő: a németországi DVGW W551 előírás szerint a melegvíz tárolókban a víz hőmérséklet mindenütt érje el a 60 °C-t, a vezetékhálózatban ne hűljön 55 °C alá. Alapkövetelményként megfogalmazhatjuk, hogy kerülnünk kell a 25 ÷ 50 °C közötti hőmérséklet-tartományt, hideg- és melegvíznél egyaránt, mivel ebben a hőmérséklet-zónában a legintenzívebb a *Legionella pneumophila* szaporodása.

Az indulási hőmérséklet tartásának egyik legfontosabb, de önmagában nem elégséges eszköze a *hőszigetelés*, mégpedig a teljes – szerelvényeken, szivattyúkon is elhelyezett – és megfelelő vastagságú, minőségű hőszigetelés.

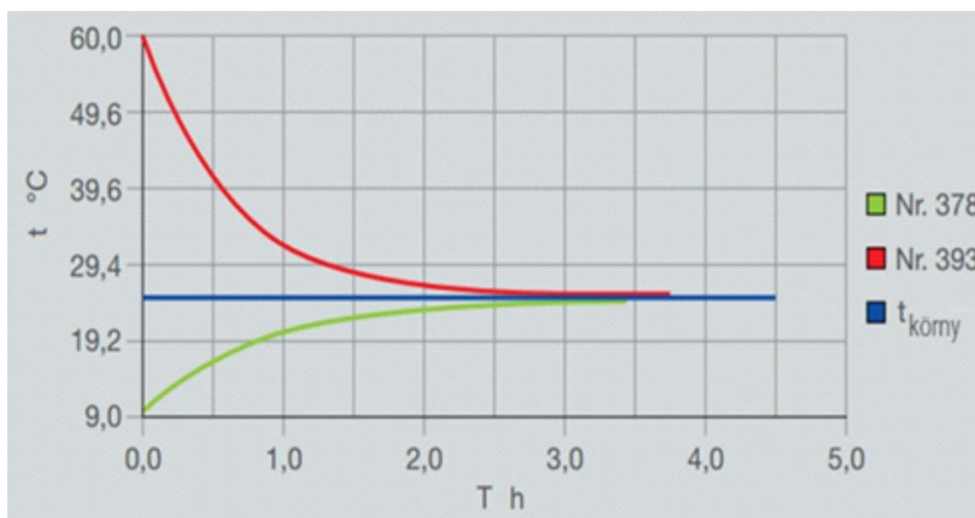
Magyarországon nem szabályozza konkrét rendelet a csővezetékek hőszigetelés-vastagságát, de az épületek hőszigetelésével szemben támasztott szigorodó követelmények kihatnak gazdaságos csőszigetelés vastagság átgondolására is. A német energetikai rendelet, az EnEV (Energieeinsparverordnung) értelmezése szerinti hőszigetelés vastagságokat vízellátó berendezések esetében a 10. táblázat foglalja össze.



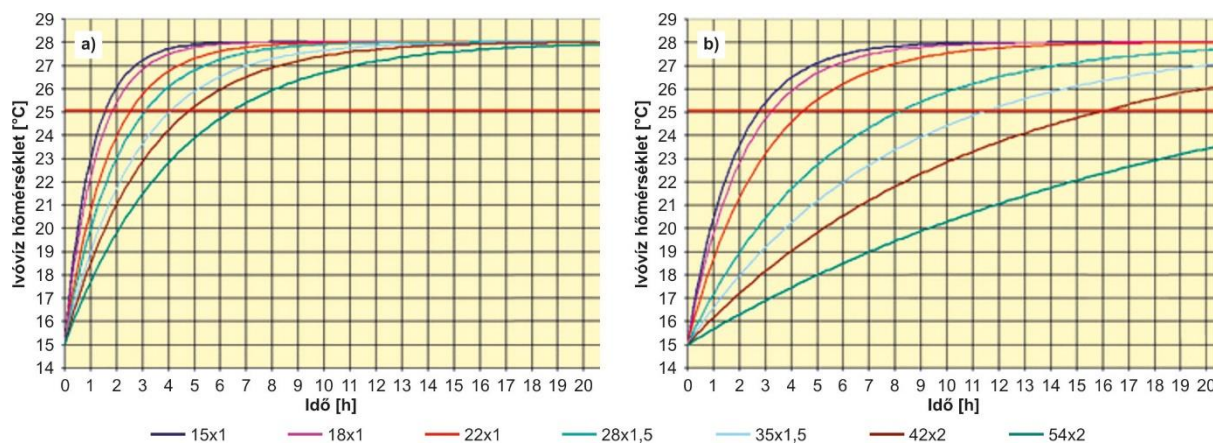
**10. táblázat. Javasolt hőszigetelés-vastagságok a használati hidegvíz, melegvíz és
cirkulációs vezetékekhez [5/18]**

Használati hideg-, melegvíz és cirkulációs vezetékek hőszigetelése		
A vezeték/szerelvény belső átmérője [mm]	Vezeték/szerelvény elhelyezkedése	A szigetelő réteg minimális vastagsága, 0,035 W/(m·K) hővezetési tényezőre vonatkoztatva [mm]
< 22	épületben, szabadon szerelve	20
22 ÷ 35		30
35 ÷ 100		= vezeték belső átmérő
> 100		100
Épületszerkezetben, falban, födémáttörésben, vezetékek kereszteződésénél és össze- kötésénél a hőszigetelés vastagság a fenti követelményérték 1/2-e		

A táblázatban szereplő 0,035 W/(m·K)-től eltérő hővezetési tényezőjű szigetelőanyagok minimálisan szükséges vastagságát a szakma szabályai szerint végzett számítással kell meghatározni. Nem elegendő tehát csak a hőszigetelés vastagságát tartani, fontos a választott anyag hőszigetelő-képessége is. A vezeték hőszigetelés nem elsősorban épületenergetikai megfontolások miatt fontos, hiszen az elégtelenül szigetelt vezetékek hőleadása az épületburkon belül marad, bár szabályozatlanságot okoz. Az ivóvíz jó minőségének fennmaradása kívánja meg, hogy korlátok között tartsuk a vízhőmérsékletet, a legionella baktérium esetében ez a 25 °C és 50 – 55 °C hőmérséklet-tartomány kerülését jelenti. A 24. ábra tanulsága alapján a vezetékbeli víz hőmérséklete elégtelen hőszigetelés esetén kb. 3 óra pangásidő után átveszi a környezet hőmérsékletét.



24. ábra. Hőmérsékletváltozás DN 25 hideg- és melegvíz vezetékben vízpangás esetén stagnálási idő függvényében [5/19]



25. ábra. A hidegvíz hőmérsékletváltozása a stagnálási idő függvényében [5/20]

a) a DIN 1988-2 szerinti (13 mm vastagságú) hőszigetelés esetén,

b) az EN 806-2 előírásainak megfelelően hőszigetelt csővezetékben

5.2.2.2. A kivitelezés hatása a vízminőségre

Néhány figyelmet érdemlő kivitelezési fázis, ami befolyásolja a vízhálózatból vételezhető víz minőségét:

- betervezett szűrő, vízlágyító beépítése – csökkenthető a vízből kiváló lerakódások mennyisége, amelyek biofilmet képeznek, táptalajul és védelemül szolgálnak a baktériumoknak,
- a vezetékek egymásra gyakorolt hőhatásának minimalizálása



- vezetéktávolságok,
- teljes rendszeren kialakított jó minőségű hőszigetelés a hidegvíz, melegvíz és cirkulációs hálózatban is;
- a vízmérő a vízvételi helyekhez a lehető legközelebb legyen – a lakások vízmérői utáni vezetékekre is érvényes a 3 literes szabály;
- a nagy holtterű közös biztonsági elzárók helyett egyedi biztonsági elzáróval ellátott vízvételi szerelvények alkalmazása;
- ivóvízes tágulási tartály céljára átöblítő működésű kivitel alkalmazása;
- a 3 liternél nagyobb űrtartalmú csővezetékek esetében legyen cirkuláció vagy kísérfűtés;
- a termikus fertőtlenítést szolgáló szerelvények beépítése;
- cirkuláció-szabályozó szelepek beépítése;
- mintavételi helyek kiépítése – középületekben évente egyszer mintavétel;
- az oltóvíz hálózat és az ivóvíz hálózat elválasztása egymástól,
- az elkészült rendszer nyomáspróbája során használt víz a használatba vételig a vezetékekben maradványként elfertőződhet; célszerű a nyomáspróbát ártalmatlan légemű anyaggal végezni.

5.2.2.3. Az üzemeltetés hatása a vízminőségre

A vízhasználatot figyelembe vevő üzemeltetéssel akár korrigálhatók a létesítés korábbi hibái, de ugyanígy kárt is okozhat a nem megfelelő üzemvitel. Fontos üzemeltetési teendők:

- a szűrők, patronok rendszeres karbantartása, cseréje,
- a csőhálózat vízkömentesítése, karbantartása; cél a vízkő-, rozsd- és biofilm-mentes vezetékhálózat,
- a tervezetthez viszonyítva megváltozott vízfogyasztás miatt szükséges üzemeltetés-módosítások:
 - a lecsökkent vízfogyasztás miatt kialakuló kisebb áramlás kezelése,
 - a ritkán használt vezetékek rendszeres átöblítése, leválasztása,
- le kell választani a rendszerről:
 - a ritkán használt csapolókat (melegvíz-ellátásukat egyedi termelővel kell megoldani),
 - a holtteret, áramlásmentes ágakat,



- a HMV-hálózatok esetében a rendszer kiterjedéséhez igazodó hőmérséklet-tartás:
 - kis rendszereknél (a rendszer űrtartalom <400 liter, valamint a vízmelegítő kilépő csonkja és a vízvétel helye között max. 3 liter űrtartalom) a beállítandó hőmérséklet 60 °C, de ezen átlagérték mellett nem süllyedhet a hőmérséklet 50 °C alá,
 - nagy rendszerek – olyan vízmelegítőket tartalmazó rendszerek, amelyek 400 liternél nagyobb űrtartalommal, és/vagy a csővezetékek a vízmelegítő kilépő csonkja és a vízvétel helye között 3 liternél nagyobb űrtartalommal rendelkeznek – esetén a HMV-termelőből kilépő víz hőmérséklete min. 60 °C, és a HMV termelő rendszer üzem-szerűen 60 °C alatti tartományait (pl. előfűtő hőcserélők, tárolók egyes tartományai) legalább naponta fel kell fűteni erre a hőmérsékletre,
- a HMV-ellátó rendszer cirkuláltatását beszabályozáson alapulóan, a vízfogyasztáshoz igazodóan kell működtetni,
- a 3 liternél nagyobb űrtartalmú vízmelegítők minden pontjukban tartsák a min. 60 °C-t,
- A HMV-ellátó rendszer hőmérséklet-eloszlásának ellenőrzése,
- a vízminőség ellenőrzése mintavételezéssel.

A használaton kívüli vagy ritkán használt vezetékek leválasztása szakszerűen, a szállított közeg kockázati besorolását figyelembe vevő szerelvényekkel kell leválasztani. Az MSZ EN 1717 szabvány [5/21] alapján a folyadékok öt kategóriába sorolhatók, a különböző kockázatú közegeknél alkalmazható szerelvények típusát a 11. táblázat foglalja össze.



11. táblázat. A különböző kockázati kategóriájú közegeknél alkalmazható biztosítási megoldás, szerelvény [5/21]

DIN EN 1717 szerinti		Biztosítási megoldás, szerelvény megnevezése	Alkalmazható biztosítási megoldás				
Csoport	Típus		1	2	3	4	5
			folyadékkategóriánál				
A	A	Szabad kifolyás	x	+	+	+	+
B	A	Csőszétválasztó	+	+	+	+	-
D	A	Csőszellőztető áteresztő kivitel	o	o	o	-	-
	B	Csőmegszakító(A2 típus)	o	o	o	o	-
	C	Csőmegszakító(A1 típus)	o	o	o	o	o
E	A	Visszacsapószelep(ellenőrzési lehetőséggel)	+	+	-	-	-
	B	Visszacsapószelep(ellenőrzési lehetőség nélkül)	Csak meghatározott esetekben házi rendszereknél				
	D	Kettős visszacsapószelep(ellenőrzési lehetőség nélkül)	Csak meghatározott esetekben házi rendszereknél				
G	A	Csőszétvélasztó(átfolyás szabályozás nélkül)	+	+	+	-	-
	B	Csőszétvélasztó(átfolyás szabályozással)	+	+	+	+	-
H	A	Tömlőcsatlakozás visszacsapó szeleppel	+	+	o	-	-
	B	Tömlőcsatlakozás csőszellőztetője	o	o	-	-	-
	C	Automatikus működésű váltó	Csak meghatározott esetekben házi rendszereknél				
	D	Tömlőcsatlakozás visszacsapó szeleppel és csőszellőztetővel	+	+	o	-	-
DIN 1988-4 szerint		Csőszellőztető	+	+	-	-	-
Megjegyzés: Atmoszférával kapcsolatban álló szerelvényeket(pl. AA, BA,GA, GB,...) elárasztás veszélye esetén nem szabad alkalmazni!							
			+ adott kategóriánál alkalmazható megoldás				
			- adott kategóriánál nem alkalmazható megoldás				
			o csak atmoszférikus nyomáskörnyezetben alkalmazható megoldás				
			x jelölt párosítás nem érvényes				

A táblázat szerinti kategóriák:

- 1. kategória:** egészséget nem veszélyeztető és a vízben káros elváltozást (íz, szag és szín megváltozás) nem okozó anyagok. Ide tartozik a felmelegített ivóvíz. Ennek keretében szükséges az ivóvíz közcsövet, a belső hidegvíz és használati melegvíz hálózatot egymástól elválasztani.



- 2. kategória:** egészséget nem veszélyeztető, a szín, szag és íz észlelhető megváltozása révén káros hatást kifejtő anyagok. Ebbe a csoportba sorolt anyagok illetve szervezetek közé tartoznak: kávé, tea, különböző gyümölcsle koncentrátumok, pangó ivóvíz, vaskbaktériumok stb.
- 3. kategória:** olyan egészséget veszélyeztető, kissé mérgező anyagok, amelyek nem tartoznak a 4. osztályba. Ebbe az osztályba tartoznak többek között az adalékmentes fűtővizek.
- 4. kategória:** egészséget veszélyeztető, nagyon mérgező, rákkeltő és radioaktív anyagok tartoznak ebbe az osztályba.
- 5. kategória:** fertőző betegségek kórokozói révén fertőzöttséget, illetve életveszélyt előidéző szervezetek. Pl. a fertőző májgyulladás vírusa.

A vízellátó rendszer hidraulikai működése ellenőrizhető a HMV-vezetéken végzett rendszeres hőmérséklet-méréssel, ennek ütemezését, lebonyolítását mutatja a 12. táblázat.

12. táblázat. A hőmérsékleti kontroll monitorozása [5/22]

Gyakoriság	Ellenőrzés	Elvárások		Megjegyzések
		Hideg víz	Meleg víz	
Havonta	Szentinel csapok (ld. szöszedet).	2 perces folytatás után a víz legfeljebb 20°C hőmérsékletű legyen.	1 perces folytatás után a víz legalább 50°C (lehetőleg 55°C) hőmérsékletű legyen.	Ez igazolja, hogy az előremenő és a visszatérő víz minden ágban változatlan hőmérsékletű, azaz az ág az előírásnak megfelelően működik.
	Ha van beépítve keverőszelep, annak bemenete; szentinel rendszerben.		1 perces folytatás után legalább 50°C hőmérsékletű legyen a keverőszelepet ellátó melegvíz hőmérséklete.	Felületi hőmérsékletmérő használatával lehet ellenőrizni.
	Hőmérsékletek a HMV termelő, illetve az elosztó- és cirkulációs hálózat csatlakozásánál		Az előremenő HMV hőmérséklete legalább 60°C, a visszatérő cirkulációé legalább 50°C legyen.	Az ellenőrzéshez felhasználhatók a rendszer saját hőmérői. Meg kell győződni arról, hogy a mért hőmérsékletek valóban az ellenőrzés szempontjából adekvát értékeket reprezentálják-e.



5.2.3. Víznyomás a vezetékben és a csapolóknál

A működtetéshez szükséges víznyomás a vízvételi helyeken a tervezés alapvető célja. Az [5/1] magyar szabvány minimálisan 0,5 bar kifolyási nyomás meglétét írja elő. Ezen a nyomásszinten azonban az egyes csapolók vízkibocsátása a várakozás alatti, mivel a csaptelep gyártók ezt az értéket 2 – 3 bar nyomás megléte esetére adják meg. Az elvárt kifolyási nyomást így a tervezés során figyelembe kell venni a vezetékátmérők, hidraulikai jellemzők megválasztásánál, a vízhygiénia követelményeivel összhangban. A pangásmentességhez szükséges magasabb áramlási sebesség a vezetékben kialakuló áramlási sebesség növekedését eredményezi még abban az esetben is ha, a rendszer ürtartalom minimalizálás követelményének megfelelt a tervezés. Amennyiben nyomásfokozás válik szükségessé és azt megszakító tartály beiktatásával építik ki, úgy fontos, hogy ez a tartály kellően átöblített, pangásmentes, túlméretezést kerülő legyen, kb. egy napi vízigényt befogadó térfogatú. Az itt szükséges gumimembrános tartályoknál is fontos a holttermentes kialakítás, ami az átöblítő szerelvénnel bekötött tartályokkal biztosítható.

A kifolyási víznyomás optimális értékének meghatározásánál fontos szempont lehet a víztakarékosság is. Egyrészt az adott időtartam alatt kibocsátott vízmennyiség függ a vezetékbeli nyomástól, másrészt az esetleges felderítetlen szivárgásoknál a nagyobb nyomás nagyobb „hajtóerőt” jelent a vízvesztés alakulásánál.

5.3. A hidraulikai paraméterek hatása a vízminőségre

A víz hőmérséklet, átöblítés, vízcsere-gyakoriság és a rendszer átáramoltatottsága, mint a fenti paraméterek alapján definiálható fogalmak hatását az ivóvíz minőségére foglalja össze a 25. ábra.

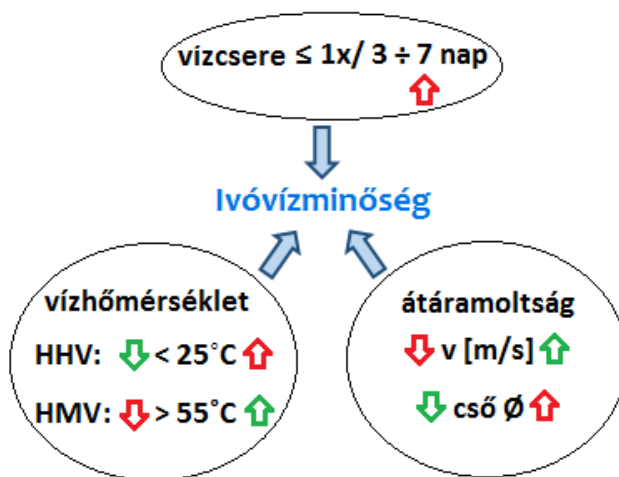
A rendszer teljes ürtartalmának kicserélésére relatív széles tartomány adott, mivel ez függ egyéb paraméterektől is, pl. hálózat életkora, csőanyag, kapacitás-kihasználtság – tervezett állapothoz viszonyítva, üzemi hőmérséklet stb. A víz hőmérsékletre vonatkozó ajánlás:

- a hidegvíz hőmérséklete ne legyen magasabb 20 °C-nál 2 perc kifolytatás után [5/23],
- a melegvíz hőmérséklete ne legyen alacsonyabb 50 °C-nál – 1 perces kifolytatást követően valamennyi csapolón haladja meg az 50 °C-ot [5/23].

A pangásmentességet szolgáló sebesség értéke nagyobb a korábban megszokottnál, akár 4 – 5 m/s. Ez az új érték a zajproblémák kezelését teszi szükségessé.



Az ivóvízellátó hálózatok tervezésénél fontos komplex megközelítést, az egyes paraméterek kölcsönhatását és együttes hatásukat a vízminőségre szemlélteti a 26. ábra.



26. ábra. A vízminőség változását meghatározó paraméterek [5/24]

5.4. Vízta^{karékossá}g

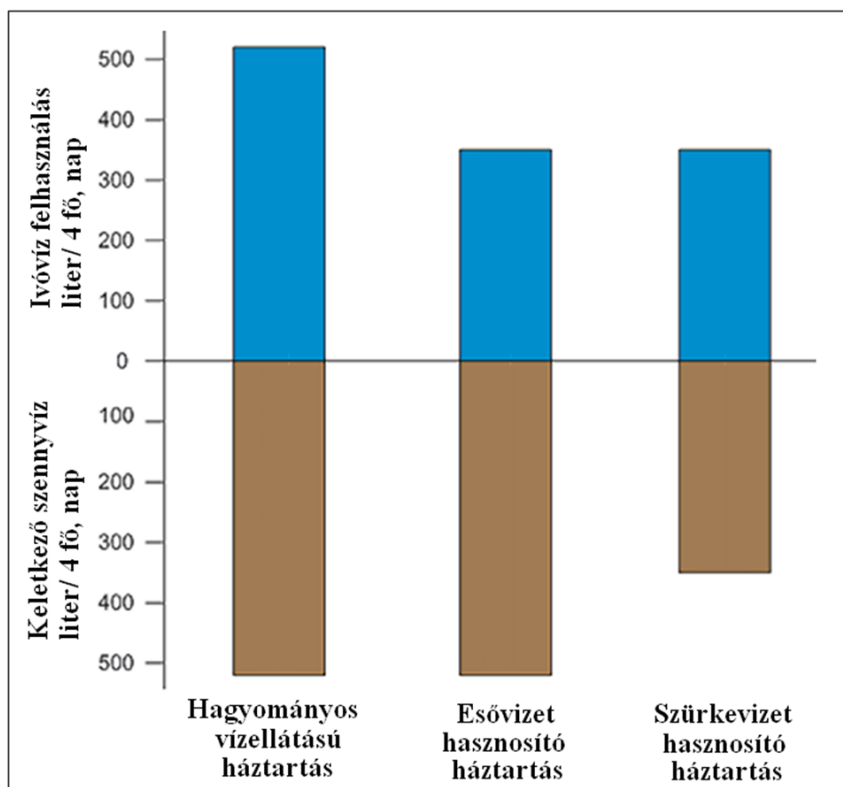
Az ivóvíz csak részben megújuló természeti erőforrásunk, és az igényünk iránta egyre növekszik a gyarapodó népességszám és a növekvő komfortigények miatt. Ezek a tények indokolják azt, hogy az ivóvízzel takarékoskodjunk, mind mennyiségét, mind minőségét tekintve védjük. Hosszútávon, ökológiai és ökonómiai szempontból egyaránt fenntartható vízellátás csak akkor lehetséges, ha a vízfogyasztás mai mértéke csökken.

Ha a vízta^{karékossá}gra leghatékonyabban ösztönző eszközt keressük, előbb-utóbb etikai kérdésekhez jutunk el. A vízdíj mértéke, a legésszerűbb okfejtések, a vízta^{karékossá}g technikai eszközeinek elérhetősége mellett a legfontosabb az etikus hozzáállás a többi fogyasztó (köztünk a következő generációk) igényeinek megítéléséhez. Ezen a téren még sajnos sok a tennivaló. A szemléletformálással, környezettudatosságra neveléssel egy időben meg kell ismertetni a fogyasztókat azokkal a technikai megoldásokkal, amelyekkel hozzájárulhatnak a vízellátás fenntarthatóvá tételéhez. A lakosság körében alkalmazandó vízta^{karékossá}gi megoldások négy csoportba sorolhatók:

- a vízfogyasztási szokások megváltoztatása,
- a vízta^{karékossá}g technikai eszközeinek alkalmazása,
- alternatív vízforrások használata,
- alternatív kialakítású szaniter-berendezések használata.



Ezek a lehetőségek egymást kiegészítve lehetnek igazán hatékonyak. Jelentős víz- és költségta­karékosság érhető el, ha azokra a feladatokra, amelyek nem igényelnek ivóvíz-minőségű vizet (WC-öblítés, takarítás, kertlocsolás stb.), egyéb forrásból, kisebb ráfordításokkal előállítható vizet használunk. Ezek nagyobb részének fedezésére a leginkább környezettudatos megoldás az *eső- vagy szürkevíz-hasznosítás*. A két alternatív vízforrás közül a kisebb környezeti terheléssel járó a szürkevíz-hasznosítás. Itt ugyanis nemcsak a közműtől vásárolt vízfogyasztás csökken, hanem az újra-használattal ténylegesen kevesebb vizet merítünk a természeti forrásokból, míg az esővíz-hasznosításnál a felhasznált vízmennyiség azonos a hálózati vízfogyasztással, csupán a víz természetes körforgásának egy másik pontjáról emeljük ki a vizet, mint a vízművek. A keletkező szennyvíz mérleg alapján szintén a szürkevíz-hasznosítás az ökológiai szempontból kedvezőbb, mivel itt kisebb a kibocsátott szennyvíz mennyisége (lásd 27. ábra).



27. ábra. Vízellátási módok vízmérlege [5/25]



A vízfogyasztásban alkalmazott berendezési tárgyak korszerűsége szintén nagymértékben befolyásolhatja az elhasznált víz mennyiségét. Korszerű csaptelepeken mind mennyiség-, mind hőmérséklet-korlátozó funkció is be van építve. A víztakarékosság eszközei akkor válhatnak elfogadottá a fogyasztók körében, ha használatukkal a komfortérzet nem, csak a felhasznált víz mennyisége csökken, ennek a kettős célnak felelnek meg levegőbekeverő sugárrendezőkkal, perlátorokkal felszerelt csaptelepek.

Közüintézményekben – ahol az átlagos fejadagnál magasabb vízfogyasztást tükröznek a vízmérők – célszerű az *önelzáró* vagy *időzített csaptelepek* betervezése, beépítése. A használati melegvízzel való takarékoskodást a magasabb előállítási költsége miatt még fokozottabb figyelmet kell fordítani, pl. termosztatikus csaptelepek beépítésével, cirkulációs hálózat kialakításával.

Vízhasználatunk mai rendszere – vezetékes ivóvízellátás és zárt csatornás szennyvízelvezetés utáni szennyvíztisztítás – nagyon nagy fajlagos vízfogyasztással jár. Erre válaszul születtek olyan környezet-tudatos megoldások, mint pl. a száraz, más néven komposztáló WC-k, illetve a szétválasztott elvezetésű (szeparáló) WC-k, vagy a vízmentes vizeldék. Meg kell azonban vizsgálni azt, hogy nem okoz-e nagyobb kárt a víztakarékosság, mint amekkora hasznót eredményez. Fontos egyrészt a vízelvezető hálózat öntisztuló működéséhez szükséges vízmennyiség, másrészt az ivóvízhigiéniai megfontolásból végzett vízellátó rendszer átöblítés is, egészségünk védelmében.

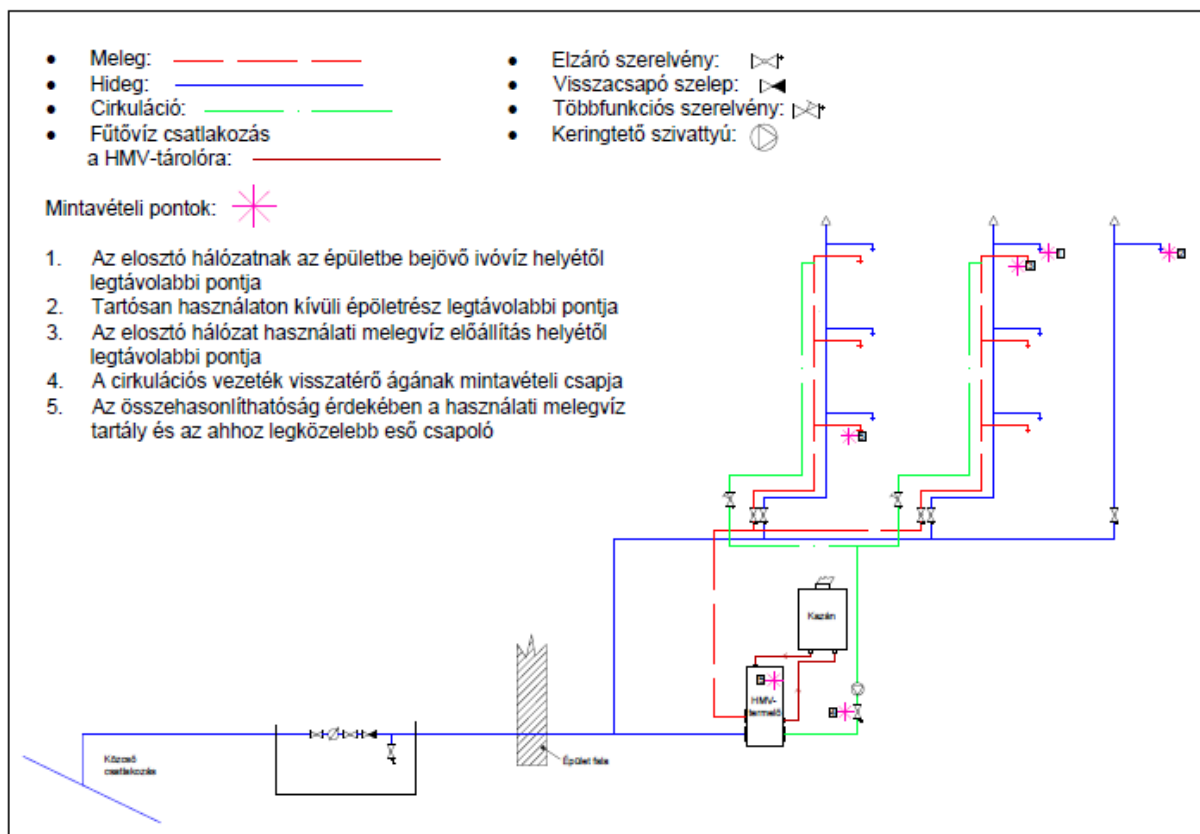
5.5. Helyes műszaki megoldások – példák

1. példa. Mintavételi helyek

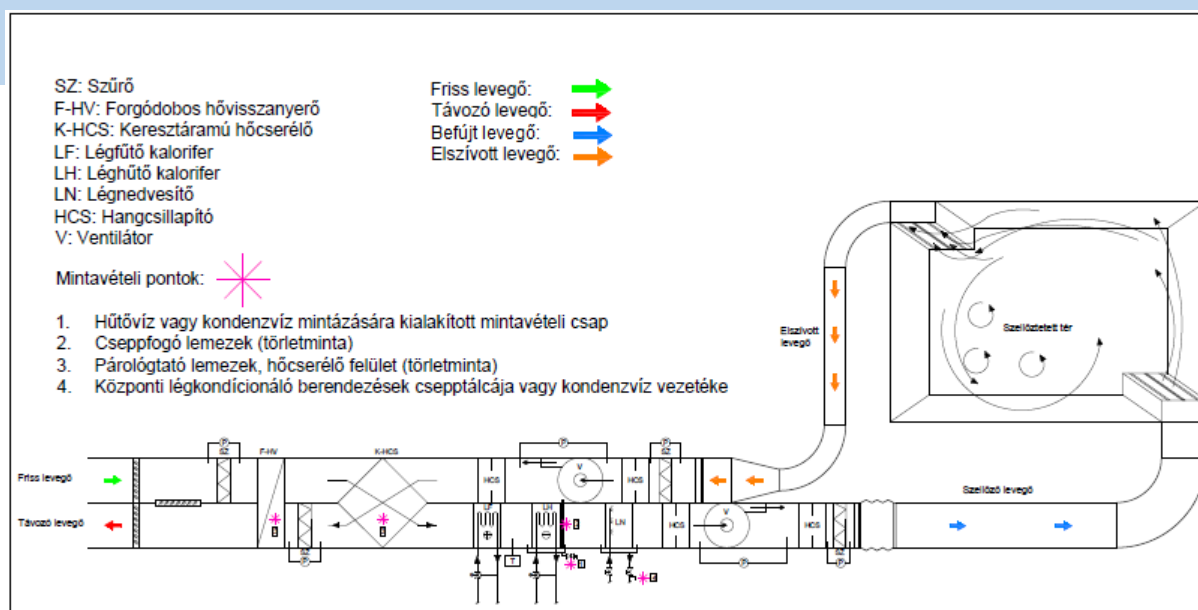
Az ún. Legionella rendelet (49/2015. (XI. 6.) EMMI rendelet, [5/26]) a *Legionella* által okozott fertőzési kockázatot jelentő közegekre, illetve létesítményekre vonatkozó közegészségügyi előírásokról) végrehajtását segítő, az Országos Közegészségügyi Központ által évente kiadott Módszertani levél ([5/23]) a legionellák okozta kockázat csökkentésére, kezelésére monitorozást ír elő a kockázatot jelentő létesítményekben. Ennek a monitoringnak része egyes esetekben (pl. fokozott kockázatot jelentő létesítményekben, vagy azokban a közforgalmú létesítményekben, ahol a kockázatbecslés magas kockázatot állapít meg) a vízmintavétel.



Az ivóvíz és használati melegvíz hálózatokban, légkezelő rendszerekben, uszodatechnikai rendszerekben az útmutatóban kijelölt mintavételi pontok helyét mutatja be a 28., 29. és 30. ábra. A megjelölt helyeken holttérmentes, lánggal fertőtleníthető mintavevő szelepeket kell beépíteni, amelyeken keresztül közvetlenül a csőhálózat vizéből oldható meg a mintavétel.

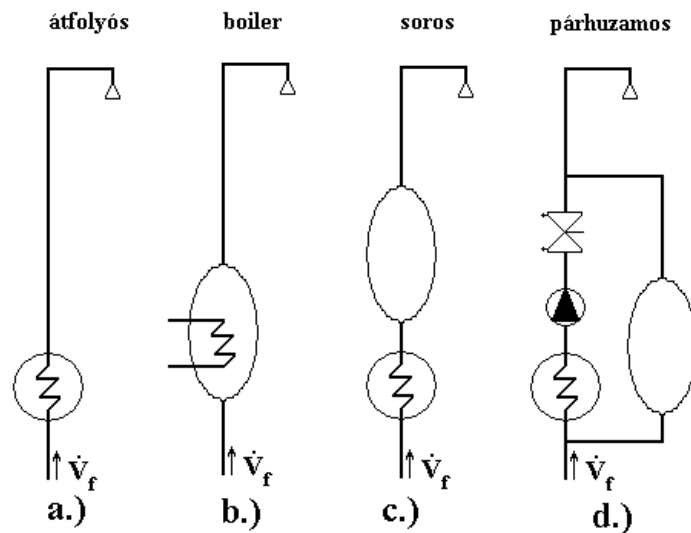


28. ábra: Vízmintavételi pontok ivóvíz és használati melegvíz hálózatokban a *Legionella*-fertőzés kockázatának monitorozásához ([5/27])

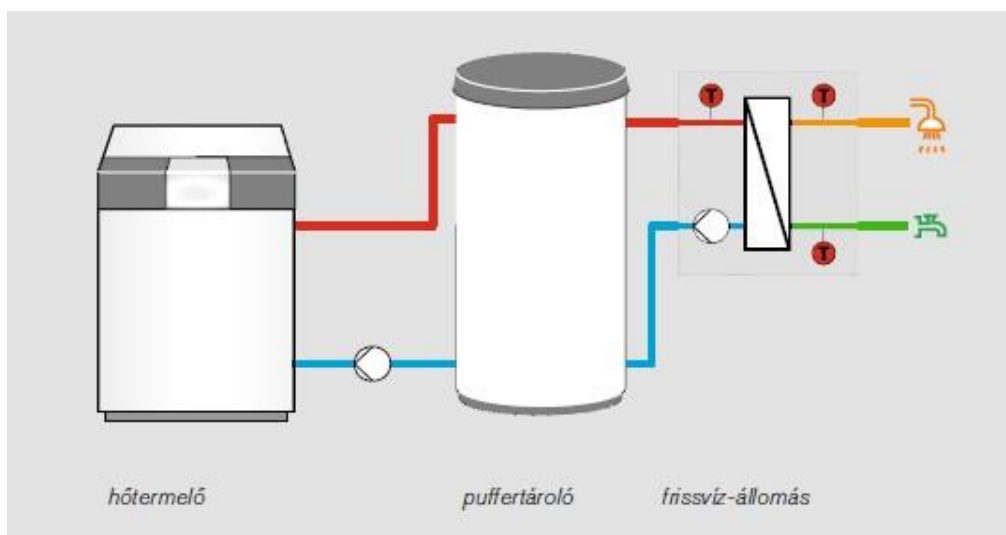


29. ábra. Vízmintavételi pontok légkezelő rendszerekben a *Legionella*-fertőzés kockázatának monitorozásához ([5/27])

úgynevezett „frissvíz-állomás”, amikor az energiatárolás a primer oldalon, tehát nem az ivóvíz és használati melegvíz oldalán történik (ld. 32. ábra). Higiéniai szempontból ezt tekinthetjük a legjobb megoldásnak: a felfelemelegített víz nagyon rövid idő alatt elhagyja a rendszert, tehát a baktériumok szaporodására nincsen idő; mivel ivóvíz oldalon nincsen nagy űrtartalmú tároló és lecsökkent áramlási sebesség, lerakódások sem várhatók.



31. ábra. A legfontosabb HMV termelési módok elve



32. ábra. Frissvíz-állomás (Forrás: Weishaupt)

A 30. ábrán látható b.) bojleres megoldás problémája a rendkívül rossz energetikai hatékonyságon túl, hogy a nagy térfogat miatt a tárolóban lecsökken az áramlási sebesség; az ide bejutott szennyeződések a tartályban leülepednek, és onnan nem is jutnak ki. Egy



esetleges termikus fertőtlenítés során nehéz a tartály teljes felmelegítését megoldani és emiatt maradhatnak olyan térfogatrészek, ahol a szükséges hőmérsékletet nem lehetett elérni. Különösen igaz ez a lerakódásokban, ahol a *Legionella* és egyéb baktériumok a vegyszeres fertőtlenítés elől is védelmet találhatnak.

A c.) és d.) – soros és párhuzamos tárolós⁵ – megoldásokat összehasonlítva az energetikai, szabályozási és higiéniai szempontok is a párhuzamos kapcsolás kialakítását indokolják. Mivel a soros tárolók általában olyan kialakításúak, hogy azokban nem feltétlenül van határozott hőmérsékleti rétegződés, a tartályban megengedett lehűlést – és ezzel a fogyasztó felé kilépő víz minimális hőmérsékletét – korlátozni kell. A maximális és minimális tartályhőmérséklet korlátozott különbsége miatt – a DVGW W551 szerint pl. max. 5 °C – ugyanazon hőmennyiség tárolásához sokkal nagyobb térfogatra van szükség, mint párhuzamos tárolónál. Tudatos kialakítás esetén a párhuzamos tárolóban a hideg- és melegvíz kizorítása történik, és a kettő keveredését minimálisra igyekszünk korlátozni. A párhuzamos tároló megfelelő méretezése esetén a feltöltött tárolót teljes egészében a maximális hőmérsékletű víz, míg kisütés esetén közel hidegvíz hőmérsékletű víz tölti ki. A nagyobb hőmérsékleti differencia miatt a tároló mérete a szükséges soros tároló töredéke. A kisebb térfogat nagyobb áramlási sebességet eredményez, de fontosabb, hogy a töltés-ürítési ciklus alatt garantálható a teljes tárolótérfogat maximális hőmérsékletre való felmelegítése.

További előnye a párhuzamos kapcsolásnak, ha a hidegvíz oldali csatlakozás a tartály legmélyebb pontján található. Mivel a tartályban kétirányú áramlás van, a tartály töltésekor a legalsó pontról a hőcserélő felé kilépő víz magával viszi a tartályban felgyűlt szennyeződések, így az ilyen kialakítású tárolóban lerakódásokra kevésbé számíthatunk, mintha a vizet nem a legalsó pontról vezetnénk el, vagy – mint a bojlerben és a soros tárolóban – a tartályban csak egyirányú áramlás valósulna meg.

3. példa. A hibasokszorozó mérés elkerülése

A *Legionella*-fertőzések elleni termikus védekezés szempontjai HMV cirkulációs rendszer alkalmazását indokolják úgy, hogy a rendszerben minél kisebb legyen a cirkulációs áramlás által nem érintett vezetékszakaszok hossza. A DVGW W551 szerint a cirkulációs keringés nélküli szakasz úrtartalma maximum 3 liter lehet; ugyanez a 49/2015 EMMI rendelethez

⁵ a szakmában a párhuzamos tárolós kapcsolásra a „töltő-ürítő rendszer” kifejezést is alkalmazzák

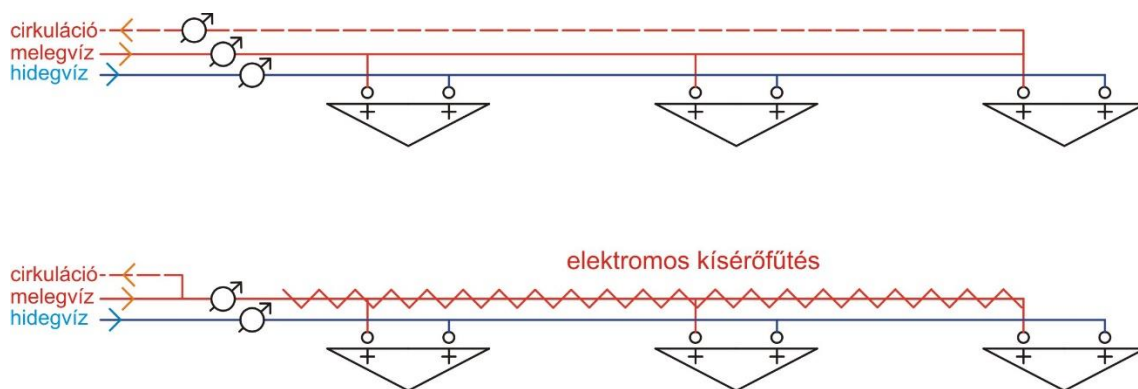


tartozó Módszertani levélben szereplő „jó gyakorlat” szerint maximum 2 liter. Ezekben a szakaszokban fogyasztás nélküli időszakban a HMV a legionellák szaporodásához kedvező hőmérsékletre hűlhet. Célszerű tehát az átöblítés nélkül maradó előremenő vezetékszakasz térfogatának minimalizálása érdekében a cirkulációt a HMV előremenő vezeték végpontjára bekötni.

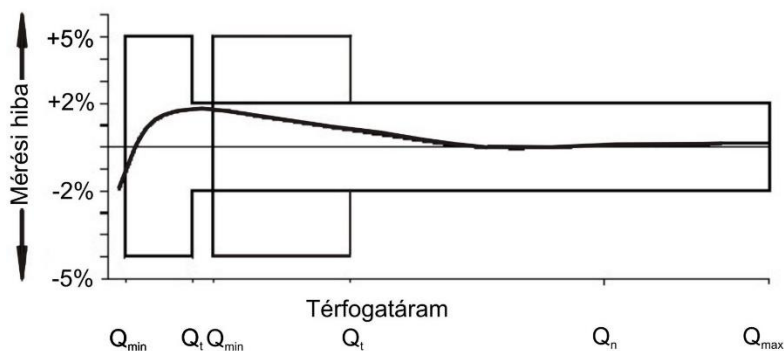
Elképzeltető az a helyzet, amikor egy lakáson belüli HMV vezetékhálózat űrtartalma meghaladná a 3 (illetve 2) litert. Ha a HMV fogyasztást mérni akarjuk – ami takarékosagra való törekvés és a fogyasztók ösztönzése érdekében feltétlenül szükséges – akkor a lakásba be kell hozni a cirkulációt. Ekkor egy mérési nehézségbe ütközünk: a lakásba a melegvíz vezetéken a fogyasztás és a cirkuláció együttes térfogatárama lép be. Logikusnak tűnhet tehát a döntés: mérjük meg a cirkuláció kilépő térfogatáramát, és akkor a fogyasztás a be- és kilépő térfogatáramok különbségeként meghatározható (ld. 33. ábra, felül).

Ez teljesen hibás kialakítás, ami nagyon komoly elszámolási zavarokhoz vezet, ezért ezt semmiképpen sem szabad alkalmazni! A mérők névleges mérési tartományában ugyanis 2% a megengedett hibahatár. Fogyasztás nélküli esetben a belépő HMV és a cirkulációs mérő ugyanazt a térfogatáramot méri, azonban a kijelzett érték $\pm 2\%$, azaz a 98% – 102% közötti tartomány lehet (ld. 34. ábra). A két mérőn mért átfolyt térfogat különbségeként megjelenő érték szélső esetben tehát fogyasztás nélküli időszak ténylegesen átkeringetett cirkulációs térfogatának akár $\pm 4\%$ -a is lehet! Megjelenhet tehát a különbségképzés eredményeként „negatív fogyasztás” is, illetve a tényleges fogyasztástól teljesen független érték is. Az ábrán bemutatott megoldás tehát egy hibasokszorozó kapcsolás, ami a fogyasztásmérést és az azon alapuló költségosztást lehetetlenné teszi.

A különbségképzéssel való mérést tehát mindenképpen kerülni kell! A cirkulációt még a fogyasztók csatlakozása előtt vissza kell kötni, és mérni csak a kifolyó térfogatáramot kell (lásd a 33. ábra alsó kapcsolását). Ha a keringetés nélkül maradó szakasz térfogata meghaladja a 3 (DVGW W551), vagy 2 litert (a 49/2015 EMMI rendelet Módszertani levele), annak hőntartásáról valamilyen megoldással, célszerűen az ábrán is szereplő villamos kísérőfűtéssel gondoskodni kell.



33. ábra. A vízfogyasztás mérésének helyes kialakítása



34. ábra. Vízmérő hibagörbe

4. példa. Egyenes cső nyomásvesztése különböző áramlási sebességek esetén

Az MSZ 04-132 és az ahhoz illeszkedő gyakorlat az épületen belül maximálisan kb. 1 m/s áramlási sebesség alkalmazását javasolja az ivóvíz hálózatokban. Nagyobb áramlási sebesség esetén nő az áramlás nyomásvesztése és növekednek az áramlási zajok. Ezek az érvek az áramlási sebesség csökkentését indokolják. A *Legionella*-baktériumok elleni védekezés szempontjai ugyanakkor a biofilm kialakulásának megakadályozását, ennek érdekében minél nagyobb áramlási sebesség fenntartását indokolnák. A DIN 1988-300 a méretezési térfogatáram szállítása esetén akár 4-5 m/s áramlási sebességet javasol az ivóvíz hálózatokban. A következő példában a hazai hagyományokhoz illeszkedő kisebb áramlási sebességre, illetve a német elő-írásoknak megfelelő nagyobb áramlási sebességre való méretezés eredményeit vetjük össze.

Egy $N = 1,5$ csapolóegyenértékű konyhai mosogató, vagy kádtöltő csaptelep névleges térfogat-árama $0,3 \text{ l/s} = 1080 \text{ l/h}$. Az ezt ellátó DN20 (3/4") méretű horganyzott acélcső belső



átmérője 20,8 mm, ezzel az áramlási sebesség 0,88 m/s. DN12 méretű réz- (Cu) csövet alkalmazva a belső átmérő 10 mm, ezzel az áramlási sebesség 3,82 m/s-ra adódik.

A nyomásvesztés a közismert

$$\Delta p = \frac{\rho}{2} w^2 \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta \right)$$

összefüggéssel számíthatjuk. Csak a súrlódási veszteségeket tekintve $\sum \zeta = 0$, így csak egyetlen ismeretlenünk maradt, a λ csősúrlódási tényező. A csősúrlódási tényezőt turbulens áramlás esetén a *Colebrook-White*-összefüggés alkalmazásával számíthatjuk a *Reynolds*-szám és a relatív csőérdesség függvényében:

$$\lambda = f\left(\text{Re}, \frac{k}{d}\right),$$

ahol k a cső jellemző érdessége, a csőátmérővel azonos mértékegységben kifejezve.

Előbb ellenőrizni kell, hogy az áramlásunk valóban turbulens-e:

$$\text{Re} = \frac{w \cdot d}{\nu},$$

ahol w az áramlási sebesség, d a belső csőátmérő, ν a kinematikai viszkozitás. Ez utóbbi 10 °C hőmérsékletű hidegvízre $1,307 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. A már ismert átmérő és sebességi adatokkal:

$$\text{Re}_{\text{hga}} = 14\,042,$$

$$\text{Re}_{\text{Cu}} = 29\,206,$$

tehát mindkét esetben turbulens áramlást kell figyelembe vennünk. A

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_n}} = -2 \lg \left(\frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{\lambda_{n-1}}} + 0,27 \frac{k}{d} \right)$$

Colebrook-White összefüggés egy iterációs összefüggés. λ_n számítását λ_{n-1} ismeretében végezhetjük. Kiindulásnak $\lambda_n = 0,02$ értéket célszerű választani. A gyakorlat számára 4 iterációs lépés teljesen kielégítő pontosságot ad. A számítást a példában a nagyobb pontosság érdekében 6 iterációs lépésig folytatva, a horganyzott acélcső esetében 0,15 mm, a rézcső esetében 0,0015 mm belső felületi érdességet feltételezve a csősúrlódási tényezők:

$$\lambda_{\text{hga}} = 0,03862$$

$$\lambda_{\text{Cu}} = 0,02403.$$

Megjegyzendő, hogy a közismert és egyszerű *Blasius*-formula csak hidraulikailag sima csőre alkalmazható. Igen jó felületi minőségű húzott csövek esetében (réz, nemesacél, műanyag) a



Colebrook-White összefüggés helyett a *Blasius*-formulával való számítás során elkövetett hiba alacsony *Reynolds*-számnál ($3\,000 < Re < \text{kb. } 10\,000$) viszonylag csekély; érdes, pl. horganyzott acélső esetén, különösen magasabb *Re*-szám esetén viszont akár kétszeres is lehet.

A víz sűrűsége $10\text{ °C-on } 999,61\text{ kg/m}^3$, ezzel a dinamikus nyomás a horganyzott acél, illetve Cu vezetékre

$$p_{\text{din,hga}} = 389,6\text{ Pa,}$$

$$p_{\text{din,Cu}} = 7292,3\text{ Pa,}$$

1-1 méter cső fajlagos nyomásvesztesége pedig:

$$S'_{\text{hga}} = 723,4\text{ Pa/m}$$

$$S'_{\text{Cu}} = 17\,522,5\text{ Pa/m.}$$

Ez azt jelenti, hogy az egyenes, idomok nélküli rézcső nyomásvesztesége 4 m/s sebességet el sem érő áramlás esetén $17,5\text{ kPa/m}$, magasságban kifejezve $1,75$ méter méterenként! Ha ez az áramlás pl. a függőleges vezetéken lefelé mutató irányban valósulna meg, akkor azt tapasztalnánk, hogy a csövön lefelé haladva a nyomás csökken; magasságban kifejezve méterenként $1,75 - 1 = 0,75$ métert! Ha a vezetékekben alaki ellenállások is vannak, akkor a nyomásveszteség természetesen nagyobb: egységnyi, $\zeta = 1$ ellenállástényező esetén (pl. egy könyök) az idom nyomásvesztesége éppen a dinamikus nyomás értéke, azaz $17,5\text{ kPa}$ lenne, ami megfelel $1,75\text{ m}$ vízoszlopmagasságnak.

Ha feltételezzük, hogy az ivóvíz rendszerben az alaki és súrlódási nyomásveszteségek egymással nagyjából megegyeznek, akkor a rendszer kevesebb, mint 3 méteren elhasznál 1 bar nyomásveszteséget. Mivel a közműnyomásnak fedeznie kell min. $0,5\text{ bar}$ kifolyási nyomást és a geodetikus nyomáskülönbséget, könnyen belátható, hogy hazai viszonyaink között, ahol a közműnyomás értéke Budapesten jellemzően $4 - 5\text{ bar}$, vidéki városokban legfeljebb 3 bar körüli, vagy vidéki településeken, ahol még ennél is kisebb, a DIN 1988-nak megfelelő áramlási sebességek csak nyomásfokozóval érhetőek el.



5.6. Az 5. fejezetben hivatkozott irodalom

- [5/1] MSZ-04-132:1991 Épületek vízellátása. Építésügyi Ágazati Szabvány.
Az érvényesség kezdete: 1992.03.01.
- [5/2] MSZ EN 806-1:2001 Épületen belüli, emberi fogyasztásra szánt vizet szállító vezetékek követelményei. 1. rész: Általános követelmények. (Angol nyelvű) Az érvényesség kezdete: 2001.05.01.
- [5/3] MSZ EN 806-2:2005. Épületen belüli, emberi fogyasztásra szánt vizet szállító vezetékek követelményei. 2. rész: Tervezés. (Angol nyelvű) Az érvényesség kezdete: 2005.08.01.
- [5/4] MSZ EN 806-3:2006. Épületen belüli, emberi fogyasztásra szánt vizet szállító vezetékek műszaki előírásai. 3. rész: Csőméretezés. Egyszerűsített módszer. (Angol nyelvű) Az érvényesség kezdete: 2006.07.01.
- [5/5] MSZ EN 806-4:2010. Épületen belüli, emberi fogyasztásra szánt vizet szállító berendezések műszaki előírásai. 3. rész: Létesítés. (Angol nyelvű) Az érvényesség kezdete: 2010.09.01.
- [5/6] MSZ EN 806-5:2012. Épületen belüli, emberi fogyasztásra szánt vizet szállító berendezések műszaki előírásai. 5. rész: Üzemeltetés és karbantartás. (Angol nyelvű) Az érvényesség kezdete: 2012.06.01.
- [5/7] Barna L. – Kugler G. – Lászlófi A. – Szánthó Z.: Az egészséges víz biztosítása épületen belüli vízellátó berendezésekben. Magyar Épületgépészet, LXV. évf. 2016/7-8. szám, p. 28 – 32
- [5/8] Ivóvíz-higiénia. Gyakorlati kézikönyv. Honeywell Szabályozástechnikai Kft., 2017.
- [5/9] Eördöghné Miklós M.: A lakossági vezetékes vízfogyasztás földrajzi sajátosságai Magyarországon. PhD-disszertáció, PTE TTK FDI, 2013
- [5/10] Somlyódy László: Másodlagos vízminőség romlás. Vízisztítás. BME Építőmérnöki Kar Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, 2007. pp. 85-90.
- [5/11] Eördöghné Miklós Mária: A településszerkezet és a vezetékes vízfogyasztás nagyságának összefüggései [Könyvrészlet]. In: A geográfia változó arcai., szerk.: Dövényi Zoltán – Donka, Attila, Pécs, 2013.
- [5/12] 2011. évi CCIX. törvény a víziközmű-szolgáltatásról



- [5/13] Eördöghné Miklós Mária: A vezetékelrendezés hatása az ivóvíz minőségére és annak változására. Magyar Épületgépészet, LXIV. évf. 2015/7-8. p. 3-6.
- [5/14] Jens Röcher: Trinkwasserinstallationen normgerecht auslegen, 2012.
<http://www.sbz-online.de/SBZ-2012-22/Trinkwasserinstallationen-normgerecht-auslegen,QUlEPTM4MzM4MSZNSUQ9MzAwMDQ.html>
- [5/15] Stefan Schulte: Schutz vor Stagnationsrisiken TAB, Viega, 2013.
http://www.tab.de/artikel/tab_Schutz_vor_Stagnationsrisiken_1803400.html
- [5/16] MSZ EN 12502: Fémek korrózióvédelme. Útmutató a vízelosztó és -tároló rendszerekben a korrózió lehetséges valószínűségének becsléséhez.
- [5/17] Szlivka Ferenc: Vízgazdálkodás gépei. Gödöllő, SZIE, 2002.
- [5/18] ISOVER: Műszaki szigetelés. Épületgépészet. Információk a szakkereskedelem, kivitelezők és tervezők részére, 2010
- [5/19] Viega: Planen Sie mit Viega die reine Trinkwassergüte.
http://www.viega.at/cps/rde/xbcr/de-at/650544_Prospekt_Trinkwasserguete_DE_net_4.pdf
- [5/20] Uwe Fröhlich: Wärmedämmung für Kaltwasserleitungen Legionellenvermehrung in Kaltwasser-Systemen – ein unterschätztes Problem. IKZ, 28. 07. 2010
- [5/21] MSZ EN 1717_2001 Ivóvíz szennyezés elleni védelme vízellátó rendszerekben és a visszaáramlás miatti szennyeződést megakadályozó szerkezetek általános követelményei. Az érvényesség kezdete: 2001. 05.01.
- [5/22] Európai Legionellosis Munkacsoport (EWGLI) és az Utazással Összefüggő Legionárius Betegség Európai Surveillance Rendszere (EWGLINET): Európai útmutató az utazással összefüggő legionárius betegség megelőzéséhez és felügyeletéhez, 2005
- [5/23] Módszertani levél a Legionella által okozott fertőzési kockázatot jelentő közegekre, illetve létesítményekre vonatkozó kockázat értékeléséről és a kockázatsökkentő beavatkozásokról – 2. kiadás; Országos Közegészségügyi Központ, 2017
<http://oki.antsz.hu/files/dokumentumtar/modszertani-utmutato-legionella-2017.pdf>
- [5/24] https://www.sbz-online.de/Gentner.dll/0024-0026-SBZ-1514_NjY0NzY0.PDF
- [5/25] Épületek fenntartható vízellátása. Elektronikus jegyzet, PTE MIK
- [5/26] 49/2015. (XI. 6.) EMMI rendelet a Legionella által okozott fertőzési kockázatot jelentő közegekre, illetve létesítményekre vonatkozó közegészségügyi előírásokról



- [5/27] Eördöghné Dr. Miklós Mária: Legionella-mentesítési megoldások vízhálózatokban.
Magyar Épületgépészet, LXV. évf. 2016/7-8. p. 3-7.
- [5/28] 201/2001. (X. 25.) többszörösen módosított Kormányrendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről
- [5/29] 275/2013. (VII. 16.) Korm. rendelet az építési termék építménybe történő betervezésének és beépítésének, ennek során a teljesítmény igazolásának részletes szabályairól



MELLÉKLETEK

Ábrajegyzék

1. ábra. Arzén érintettségű települések 2012-ben
2. ábra. Magyarország vízkeménységi térképe [1/13]
3. ábra. A víz szén-dioxid-oldóképessége a hőmérséklet függvényében [1/11] alapján
4. ábra. A víz oxigénoldó-képessége a hőmérséklet függvényében [1/12] alapján
5. ábra. Ötvözetlen acél korróziója az oxigénkoncentráció függvényében [2/3]
6. ábra. Néhány fém elektrokémiai standard potenciálja standard hidrogén-elektródra vonatkoztatva ([2/5] alapján)
7. ábra. Korrózió két különböző minőségű fém csatlakozásakor
8. ábra. Iszappal érintkező fém cső korróziója (eltérő víztartalmú rétegek)
9. ábra. Pangó víz okozta korrózió
10. ábra. Kloridionok okozta lyukkorrózió
11. ábra. A vízoldalról indult korrózió megjelenése a cső külső felületén (Forrás: BME, [2/10])
12. ábra. Foltokban jelentkező lerakódások és bemaródások a horganyzott cső belső felületén [2/6]
13. ábra. Átlyukadás mellett kialakult korróziós lerakódások (Forrás: BME [2/10])
14. ábra. Lyukadási hely környezetének képe a lerakódással [2/6], [2/9]
15. ábra. A hegesztési varrat korróziója [2/6]
16. ábra. Laza korróziós lerakódás a cső belső felületén [2/6]
17. ábra. Katódos védelem külső áramforrással
18. ábra. A hazai ivóvízellátás számára kitermelt ivóvíz források szerinti megoszlása, 2013 [3/16]
19. ábra. Néhány hazai vízszolgáltató vízbeszerzésének megoszlása az egyes vízbázisok között; 2010 [3/1], [3/2]
20. ábra. A szabad klórmennyiségének alakulása a beadagolt klór függvényében [3/22]
21. ábra. A Legionella baktériumok vízhőmérséklet-tűrése [4/5]
22. ábra. Az ivóvíz-szolgáltatás mennyiségi változása 1955–2011 között [5/19]



23. ábra. Ivóvízvezeték elrendezési módok: a) T-idomos (felfűzött) bekötési mód, b) osztógyűjtős (sugaras) bekötési mód, c) soros bekötési mód, d) körvezetékes bekötési mód
24. ábra. Hőmérsékletváltozás DN 25 hideg- és melegvíz vezetékben vízpangás esetén stagnálási idő függvényében [5/19]
25. ábra. A hidegvíz hőmérsékletváltozása a stagnálási idő függvényében [5/20]
26. ábra. A vízminőség változását meghatározó paraméterek [5/24]
27. ábra. Vízellátási módok vízmérlege [5/25]
28. ábra. Vízmintavételi pontok ivóvíz és használati melegvíz hálózatokban a Legionella-fertőzés kockázatának monitorozásához
28. ábra. Vízmintavételi pontok légkezelő rendszerekben a Legionella-fertőzés kockázatának monitorozásához
30. ábra. Vízmintavételi pontok uszodatechnikai rendszerekben a Legionella-fertőzés kockázatának monitorozásához
31. ábra. A legfontosabb HMV termelési módok elve
32. ábra. Frissvíz-állomás (Forrás: Weishaupt)
33. ábra. A vízfogyasztás mérésének helyes kialakítása
34. ábra. Vízmérő hibagörbe



A táblázatok jegyzéke

1. táblázat. Az ivóvíz mikrobiológiai jellemzőire vonatkozó határértékek
2. táblázat. Az ivóvíz kémiai jellemzőire vonatkozó határértékek
3. táblázat. Indikátor vízminőség jellemzők
4. táblázat. Az épületgépészeti rendszerekben használt fémek elektrokémiai standard potenciálja standard hidrogén-elektródra vonatkoztatva [2/5]
5. táblázat. A szennyvezetékek mérete függvényében alkalmazott tisztítási eljárások [3/12]
6. táblázat. A különböző eredetű vizeknél alkalmazott kezelési eljárások [3/12]
7. táblázat. A legionella-mentesítési eljárások értékelése [4/4]
8. táblázat. Kockázatkezelési táblázat – 2. melléklet a 49/2015. (XI. 6.) EMMI rendelethez (részlet) [4/2]
9. táblázat. Értékelőlap a *Legionella* kockázat jellemzéséhez [4/6]
10. táblázat. Javasolt hőszigetelés-vastagságok a használati hidegvíz, melegvíz és cirkulációs vezetékhez [5/18]
11. táblázat. A különböző kockázati kategóriájú közegeknél alkalmazható biztosítási megoldás, szerelvény [5/21]
12. táblázat. A hőmérsékleti-kontroll monitorozása [5/22]