

Doktori (PhD) értekezés tervezet

Kaluzsa Anikó

2023

NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM

KATONAI MŰSZAKI DOKTORI ISKOLA

Kaluzsa Anikó

A magyarországi vízgazdálkodás fejlesztésének lehetőségei a társadalmi kockázatok figyelembe vételével

Doktori (PhD) értekezés

Tervezet

Témavezetők:

Prof. Dr. Kuti Rajmund (PhD)

.....

Prof. Dr. Berek Tamás (PhD)

.....

BUDAPEST, 2023

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS.....	6
A TÉMA AKTUALITÁSA ÉS JELENTŐSÉGE	8
A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA	9
HIPOTÉZISEK	12
KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK	13
KUTATÁSI MÓDSZEREK.....	14
AZ AKTUÁLIS SZAKIRODALOM ÖSSZEFOGLALÓ ÁTTEKINTÉSE	15
A DISSZERTÁCIÓ FELÉPÍTÉSE ÉS TARTALMI ELEMEI	17
1. A VÍZGAZDÁLKODÁS HELYZETE NEMZETKÖZI ÉS HAZAI SZINTEN	18
1.1. A világ vízkészlete és a vízkonfliktusok.....	18
1.2. A Kárpát-medence hidrogeológiai jellemzése	19
1.2.1. Magyarország régióinak jellemzése	20
1.2.2. Békési térség jellemzése.....	21
1.3. A vízgazdálkodás és a vízhasználók köre	24
1.3.1. A víz körforgása és az őt érő szennyeződések típusai	26
1.3.2. Az ivóvízzel szemben támasztott követelmények	27
1.3.3. A katasztrófavédelem szerepe a vízbázis védelemben	27
1.3.4. Árvizek hatása a vízbázisra	29
1.3.5. A klímaváltozás hatása a vízkészletekre	34
1.3.6. A vízfogyasztói szektorok és a tipikus szennyezési formák	39
1.3.7. A vízhasználat tendenciái és statisztikai elemzése	47
1.3.8. Fenntartható vízhasználat és a jövő feladatai.....	49
1.4. A vízellátás, mint a kritikus infrastruktúra eleme.....	51
1.4.1. A vízbiztonság és vízvédelem	52
1.4.2. A védelem területi meghatározása	52
1.4.3. A védelmi stratégia főbb lépései	54
1.4.4. A biztonsági tervek megvalósítása, nyomon követése, felülvizsgálata.....	56
1.5. A jogszabályi háttér és elemzése.....	58
1.6. Részkövetkeztetések	62
2. AZ IVÓVÍZELLÁTÁS JELLEMZŐI.....	64
2.1. A hazai vízellátás.....	64
2.2. A vízellátás biztosításának kérdései	66
2.3. A fenntartható vízgazdálkodás és a vízellátás összefüggései.....	68

2.3.1.	A kémiai vízszennyezők egyes esetei	70
2.4.	A vízellátás hazai helyzetének nehézségei	71
2.5.	Egészségügyi intézkedések az ivóvízellátást érintő havária helyzet esetén.....	72
2.6.	Az egyéni vízhasználat - a privát kutak és létesítésének feltételei.....	73
2.7.	A csatornázottság és a vízgazdálkodás összefüggései.....	74
2.8.	Részkövetkeztetések	75
3.	A FELSZÍN ALATTI VÍZADÓ RÉTEGEK KÉMIAI ÉS MIKROBIOLÓGIAI JELLEMZÉSE SAJÁT MÉRÉSEK ALAPJÁN	78
3.1.	A szakszerű vízmintavétel és minta előkészítése laboratóriumi méréshez	78
3.2.	Az ivóvíz minőségi követelményei.....	80
3.3.	Mikrobiológiai mérések jellemzése.....	82
3.4.	Kémiai és fizikai mérések.....	88
3.5.	Biológiai vizsgálatok	90
3.5.1.	Mikroszkópos vizsgálatok.....	91
3.5.2.	Toxicológiai vizsgálatok (Daphnia teszt; Halteszt; Csíranövény teszt)	91
3.6.	Vízfertőtlenítési lehetőségek.....	93
3.6.1.	Vízfertőtlenítő tabletták alkalmazása	93
3.6.2.	Nátrium-hipoklorit alkalmazása	95
3.6.3.	Forralás.....	98
3.6.4.	Vízszűrő berendezések	99
3.6.5.	Egyéb alternatív lehetőségek	100
3.7.	Részkövetkeztetések	101
4.	SAJÁT VIZSGÁLATOK ÉS EREDMÉNYEIK ELEMZÉSE.....	102
4.1.	Vízmintavételezési adatok.....	102
4.2.	Fúrt kutak mérési eredménye	102
4.3.	Ásott kutak mérési eredménye	113
4.4.	Beépített vízszűrő hatékonyságának elemzése fúrt kút esetében.....	123
4.5.	Töblépcsős kútfertőtlenítési sorozat vizsgálata	126
4.6.	Részkövetkeztetések	129
	AZ ELVÉGZETT KUTATÁS ÖSSZEFOGLALÁSA.....	131
	ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK	134
	ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	136
	A KUTATÁSI EREDMÉNYEK HASZNOSÍTHATÓSÁGA.....	137
	AJÁNLÁSOK.....	138

A TÉMAKÖRT ÉRINTŐ PUBLIKÁCIÓK	139
FELHASZNÁLT IRODALOM	140
Köszönetnyilvánítás.....	148
Mellékletek.....	149

BEVEZETÉS

A víz az élet alapja a Földön. Mivel az iható víz mennyisége csak kis mértékben áll rendelkezésünkre a bolygónkon, az ivóvízként elérhető vízkészletek védelme nagyon fontos. A környezetet ért károsodás hatással van a környezet minden egyes tényezőjére, ezért a vizeink védelme magában foglalja a vízbázisokat körülvevő környezet közvetlen és közvetett területi védelmét is. A víz az elsődleges - és a legfontosabb élelmiszer az emberiség számára. Az ivóvíz minősége folyamatosan romlik, és ebből kifolyólag egyre több technológiai eszköz kell a vízkezeléshez, azaz egyre nagyobb erőfeszítés szükséges a tisztítására, melynek sajnálatos velejárója, hogy egyre energiaigényesebb a minőségi ivóvíz előállítás, és egyre több melléktermék keletkezik a tisztítás folyamán, ami egyre inkább szennyezi a környezetet. Továbbá az édesvíz-készletek is korlátozottan állnak rendelkezésre, sok helyen a világban az egyes társadalmak számára nem elérhető a megfelelő minőségű és mennyiségű ivóvíz, ezért akár fegyveres konfliktusok kialakulásához is vezethet a vízért folytatott küzdelem.

Ebből is látszik, hogy a felszíni és felszín alatti vízkészletek védelme napjainkban felértékelődött. Rengeteg tanulmányt lehet találni, mely a vízbázis védelmével, a víztisztítással, illetve a vízellátás, mint kritikus infrastruktúra kérdéskörével foglalkozik. Ezek tükrében könnyen belátható, hogy az összes vízszervezési, víznyerési lehetőséget figyelembe kell venni, és a vízhasználati kultúrán változtatni szükséges. Például a jó minőségű ivóvizet WC-öblítésre használni pazarlás, amikor a Föld más részein emberek szomjaznak. Azonban ez még nem a végleges megoldás, hisz a vízkészletek egyenetlen elosztása miatt a vízszegény területeken attól nem lesz több ivóvíz, mert az ivóvízben bővelkedő országok spórolnak a vízfogyasztással. Azonban téves úgy gondolni az ivóvízre, mint egy állandóan megújuló energiaforrásra.

Ennek megoldása komplex logisztikai és vízellátási struktúrát igényel. Megoldás lehet például az esővíz gyűjtése, valamint a kútvezek bevonása a háztartás körüli vízellátásba. Azonban ez egy komplex téma, mivel a nem megfelelően fűrt és karbantartott kút a vízáadó réteg teljes vizét beszennyezheti, ami szintén egy megoldandó vízellátási problémát generál.

Az eddigi előtanulmányaim során a szennyvízkezelés és a biomasszából termelt biogáz hasznosítását vizsgáltam. A doktori tanulmányaim során a vízbázis védelmét, a vízbiztonsági tervezés lépéseit tanulmányoztam, az ivóvízkészletek mennyiségi és minőségi elemzését, továbbá kútvezekből vett mintákon végeztem laboratóriumi méréseket.

A doktori disszertációm témája ebből kifolyólag több területet is érint. A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskolájában volt lehetőségem a

környezetbiztonság területén belül a vízbázis védelméről, a katasztrófavédelmi kárelhárításról is bővebb ismereteket szerezni. Valamint a kötelező és a választott tantárgyi ismereteken túl a saját kutatási irányvonalamat is meghatároztam, mely téma érinti a vízgazdálkodást és a vízellátást is. A vízkészletek sérülékenysége szoros összefüggésben van a vízbázis védelemmel, valamint a minőségi ivóvíz-szolgáltatással. Ezért döntöttem úgy, hogy prioritásként a különböző rétegvizekből kinyert kútvizek minőségét vizsgálom, valamint annak a lehetőségét, hogy a különböző víztípusok hogyan hasznosíthatók a minőségük függvényében.

A TÉMA AKTUALITÁSA ÉS JELENTŐSÉGE

Életünk során sokféle baktériummal találkozhatunk, melyek többsége a levegőből, a vízből, vagy a talajból kerülhet az emberi szervezetbe. Mivel ezen környezeti elemek közül a víz egy olyan elsődleges élelmiszer, amelyet minden nap fogyasztunk, valamint nélküle az élet elképzelhetetlen, emiatt kiemelt fontosságú.

Magyarországon a vízellátás a kritikus infrastruktúra elemei közé tartozik, ezért a vízbázisok védelmének biztosítása nagyon fontos. Ez magában foglalja a minőségi vízellátáson túl (mely az ivóvíz fiziko-kémiai, biológiai és mikrobiológiai megfelelőségét) a fizikai objektumvédelmet, az informatikai védelmet, valamint a hálózati ellátás biztonságát is. Disszertációm elkészítéséhez mikrobiológiai és kémiai méréseket, valamint mikroszkópos vizsgálatokat végeztem.

A természetben előforduló víz sokféle anyagot és mikrobiológiai ágenszt tartalmazhat, mely jelenség teljesen megszokott a vízvizsgálat szempontjából. Valójában az a víz, mely nem tartalmaz semmit, természetes úton nem jöhet létre, csak mesterségesen állítható elő (például desztillálással, lepárlással). Azonban az olyan víz, ami semmit sem tartalmaz, az az élőlények számára valójában mérgező lenne. A vízvédelem egy olyan komplex feladat, melyben a biológustól kezdve a katasztrófavédelmi kárelhárítási munkatárson keresztül a geológusig, az építőmérnökig és a jogszabályokat megalkotó politikusig mindenkinek ki kell vennie a részét. Az elkövetkezendő változásokat nem tudjuk megjósolni, azonban kockázatelemzéssel, valamint a legmegfelelőbb technológiák kiválasztásával el lehet érni azt, hogy a vízellátás, valamint a vízvédelem, a környezeti és a felhasználói igényekhez optimalizálva a legideálisabb feltételek között kerüljön megvalósítva.

Nemcsak környezeti elemként, valamint a kritikus infrastruktúra részeként jelentős a víz, hanem a vízkészletek minőségi és mennyiségi megóvásának szempontjából szocio-ökológiai jelentősége is van. A vízkészletek megóvása, valamint védelmi rendszerének felépítése, és a megfelelő vízmennyiség rendelkezésre bocsátása egy gazdasági eszköz is egyben, melynek hiánya kihat az ország termelékenységére és befolyásolja a gazdasági mutatókat is.

A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA

„A mi feladatunk nem az, hogy megjósoljuk a jövőt, hanem hogy felkészüljünk rá.”

/Periklész/

A vízbázis védelemnek folyamatosan fel kell készülnie a változó éghajlati körülményekre, az indirekt antropogén szennyezésekre, valamint a szándékos szennyeződésekre vagy esetleg terrortámadások általi szennyezésekre is. A vízkárok elhárítását és a vízbázisok védelmét ellátó szervezeteknek fel kell készülni a vízbázisokat érő rendkívüli események bekövetkezésére megfelelő és hatékony alternatív megoldások kidolgozására, a kiesett vízellátási részleg pótlására. Ezt a célt szolgálják a vízművek által létrehozott, és folyamatosan illetve időszakosan revideált vízbiztonsági tervek.

A vízellátás, mint kritikus infrastruktúra fontos és speciális eleme a nemzeti kincsnek. Habár azt tanítják a környezetvédelmi tananyagok, hogy a víz a megújuló energiaforrások része, ez a valóságban koránt sincs így. A túl nagymértékű felhasználása, a nem megfelelő visszaforgatása, valamint a szennyezőanyagokkal való kontaminációja során abszolút nem tud olyan mértékben megújulni, mint a napfény vagy a levegő. Emiatt a víz - bár hazánkban a vízkészletek mennyisége jelentős - csak részlegesen képes megújulni. A felhasználás mértéke, valamint a környezettudatos használata jelentősen befolyásolja mindazt, hogy milyen minőségi paraméterekkel fog rendelkezni.

A különböző területeken a vízellátás százalékos értéke eltérő lehet. Faluhelyen, ahol jellemzően nem sokan laknak, alacsony a vízfogyasztás, a vízhálózat rendszere nem minden területre terjed ki. Ahová az infrastruktúra ki lett építve, ott is számolni kell azzal, hogy a hálózat végfelhasználói szakaszaiban a pangóvíz megjelenése végett a vízminőség nem lesz mindig megfelelő. Erre többféle megoldás van, melyet a vízművek is folyamatosan fejleszteni igyekeznek.

A vízigények kielégítése céljából Magyarországon napjainkban is széles körben használnak különféle célokra kútvizet, azonban a kútvizek vizsgálatával kevés kutatás foglalkozik. Úgy gondolom, ennek az az oka, hogy a kutak egyediek, a vízadó rétegek is többnyire olyan felszín alatti rétegből származnak, mely rétegek kutanként eltérőek lehetnek. Tehát egy-egy kutat tanulmányozva következtetést lehet levonni az adott terület vízminőségének helyzetéről. Azonban a távolabb lévő, másik kút esetében (esetleg közeli kutak esetében, más mélységben fúrt, kutaknál is akár) már teljesen más kémiai és mikrobiológiai értékek figyelhetőek meg.

Mivel a vízfelhasználás típusától függ az egyes tevékenységekre jellemző vízigény - azaz, hogy milyen tisztaságú legyen a víz - , ezért erősen ajánlott ismerni a kútvíz minőségét még a felhasználás előtt, és aszerint lehetséges a kútvíz integrációja az egyéni vízhasználatba. Fontos kutatási feladat a kútvizek minőségének vizsgálata, az eredmények ismeretében pedig az esetleges víztisztítási eljárások meghatározása.

A felhasználási lehetőségek figyelembe vételével olyan technológiák is megoldások lehetnek, ahol a szolgáltatás kiesés alkalmával akár egy-egy területen a privát kutak is megoldhatják az időszakos vízhiányt - amennyiben természetesen a tulajdonosa is hozzájárul ezen kutak használatához, valamint vizének minősége eléri azt a szintet, amelyet az ivóvíznek szükséges elérnie.

Fontos kérdés, hogy a kutak tulajdonosai a kútvizek használata során a vizek minőségi paramétereivel tisztában legyenek. Ugyanis egy-egy mérési eljárás, a típustól és a kiértékeléstől függően ugyan - de igencsak hosszadalmas lehet. Amennyiben víztisztítás szükséges a felhasználás előtt, akkor az alkalmazható házi víztisztító berendezés víztisztítási hatásfokát is fontos ismerni, hisz abból lehet tudni, hogy ivóvíz céljára alkalmas-e az általa előállított víz.

A bakteriológiai és kémiai paraméterek döntően befolyásolják a víz hasznosíthatóságát, emiatt fontos ismerni az alábbi paramétereket: vas-, mangán-, arzén-, foszfor-, összes CaO-, pH (lúgosság mértéke), ammóniumion-, nehézfém-tartalmat, kémiai oxigénigényt, gáztartalmat. Továbbá bakteriológiai szempontból az összcsíra telepszámot 22°C-on és 37 °C-on, a coliform és *E.coli* számot, *Pseudomonas aeruginosa*, *Clostridium perfringens*, *faecalis enterococcus* számának ismerete szükséges. Ezen lista a teljesség igénye nélkül készült, és a helyi speciális körülményeket, a kút kialakításának körülményeit, technológiai adottságait is meg kell figyelni mindahhoz, hogy döntést lehessen hozni a kúthasználatról. A kutak vízszintje, valamint a vízáadó rétegek az Alföld térségében relatíve állandónak tekinthetők az év minden szakaszában. Ugyanez már egy Gerecse dombvidékes szakaszáról nem mondható el, ahol a vízszintnek az ingadozása a terepviszonyoktól, a fúrt réteg mélységétől, valamint az egyéni geológiai adottságoktól kezdve a lehulló csapadékmennyiségen keresztül a víztápláló réteg meglétéig (vagy hiányáig) rengeteg tényezőtől függhet.

Mindezekről függetlenül, a kútvizek beintegrálása a vízellátási láncba fontos eleme lehet a mezőgazdaságnak, az egyéni vízhasználatnak. Azonban a törvényi előírásokat, valamint a vízügyi szervek által megalkotott jogszabályokat folyamatosan követni szükséges.

A kútvizek használata azért komplex kérdés, mivel a megfelelően kialakított, gondosan megtervezett kutak beintegrálása a vízellátási láncba hasznos és tehermentesítő hatású lehet.

Ennek ellentéte azonban, ha nem megfelelően fűrt, nem megfelelően létrehozott kutakat alkalmaznak, mellyel akár egy teljes vízbázist is beszennyezhetnek a felhasználók. A jogszabályt alkotókra épp ezért nagy teher nehezedik, amikor a kutakra vonatkozó jogszabályozási rendszert alkotják meg. Ugyanis egyrészt a privát kutak megfelelő rendszert képezhetnek a vízellátástól távolabb eső részeken, valamint ott is, ahol nagymértékű a vízhasználat. Azonban ha a privát kút nem megfelelően van kialakítva, akkor veszélyt jelenthet a vízáradó rétegre, valamint a túlzott használat következtében a talaj süllyedése és degradációja, valamint hosszú távon a környező vízbázisok is sérülhetnek.

Továbbá, ha egyes területeken több különböző kútnak a vizeit megvizsgáljuk, az adott régióról egy olyan vízgazdálkodási képet kaphatunk, mely fontos eleme lehet a vízgazdálkodási terv monitoring rendszerének is. Ezek lokális képet mutatnak, melyek nem általánosíthatóak, azonban mégis informatívak.

HIPOTÉZISEK

A következő hipotéziseket állítottam fel kutatási célkitűzéseim alapján:

1. Feltételezésem szerint a katasztrófaesemények alkalmával esetlegesen bekövetkező káreseményekre még hatékonyabban tudnának az érintett vízművek és katasztrófavédelmi szervek reagálni, amennyiben rendelkezésre állna egy tudományos vizsgálatokkal megalapozott műveleti eljárásrend mely beépíthető a vízbiztonsági tervekbe is, beleértve a havária helyzeteket követő fertőtlenítési lépéseket, figyelembe véve a környezeti és kockázati hatásokat is.
2. A kútvizek minőségi paramétereinek meghatározott idő-intervallumonkénti vizsgálati eredményei alapján meghatározhatók a kútvíz felhasználási területei, ha minősége hosszútávon megfelelő paraméterekkel rendelkezik, akkor akár ivóvíz fogyasztásaként és lehetőség szerint alternatív vízellátási módként lehet bevonni az egyéni vízellátásba.
3. Az elérhető fertőtlenítő szerek hatékonyságát az általam tervezett laboratóriumi mérési sorozattal igazolni lehetséges. Feltételezem, hogy a fertőtlenítési technikák hatásfokai között van különbség. Továbbá véleményem szerint víztisztító berendezésekkel is ki lehet egészíteni a fertőtlenítő szerek használatát, vagy akár önállóan is lehet használni a víztisztító berendezést, és ez által megfelelő minőségű ivóvíz nyerhető. Ezen gyors, egyszerű és hatékony technológiák a katonai terepi vízellátás számára is hasznosak lehetnek.
4. Feltételezésem szerint a minimum 70 métert meghaladó fúrt kutak vizeinek minősége megfelelő lehet emberi fogyasztásra is, amennyiben a vízadó réteg nem szennyezett, és a minőségi paraméterei alapvetően megfelelnek az ivóvízre vonatkozó előírásoknak. Az organoleptikus tulajdonságokon kívül az összes többi paraméter csak laboratóriumi mérés alapján tárható fel. Bizonyítom, hogy a kútfúrás során a minőségi követelményeket szükséges betartani, valamint a vízadó réteget szükséges védeni az antropogén hatásoktól.
5. Feltételezésem szerint a katasztrófaesemények során szükséges korlátozni a hálózati és egyéb víztermelő kutak vizeinek fogyasztását. Bizonyítom, hogy a kevésbé jó minőségű vizet forralással és víztisztító tabletták alkalmazásával csíramentesíteni lehet. Ezáltal bizonyos felhasználási célokra alkalmassá tehető. Amennyiben vízhiányos helyzet alakulna ki, abban az esetben az így kezelt vizek akár ivóvíz céljára is alkalmasak lehetnek kifejezetten rövidtávon.

KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK

Kutatásom célja, hogy a hazai vízbázisok helyzetét felmérjem, a kútvizek minőségi összetételét vizsgáljam és elemezzem. Az eredmények ismeretében pedig arra vonatkozó következtetéseket vonjak le, hogy a különböző rétegvízből származó kútvizek milyen típusú felhasználási célokra fordíthatók.

A doktori értekezésemben bemutatott vízvizsgálatok során ugyanazt a klasszikus mérési módszert követem, mint amit egy-egy vízvizsgálati elemzés során a hazai vízi közműszolgáltatók is alkalmaznak.

A kutatási célkitűzéseim a vízellátás alternatív megoldásaira fókuszálnak, melyek lépései követik az általam felállított struktúrát:

- Áttekintem a hazai vízbázisok helyzetét, valamint a vízbiztonsági kérdéskört, és a magánszektor vízhasználati szokásait.
- Megvizsgálom a hazai vízellátás helyzetét, valamint a kritikus területeket elemzem, továbbá az esetleges vízhiányos időszakokra vízbiztosítási lehetőséget javaslok.
- Elemzem a hazai vízkészletek minőségi és mennyiségi paramétereit, valamint az azokat érint szennyeződések, és a fenntarthatóság jegyében az alternatív vízhasználati módokat megvizsgálom.
- Megvizsgálom a vízellátási területen kívül eső részlegeket, a decentralizált terület számára a kútvizet, mint alternatív vízellátási opciót tanulmányozom.
- Elvégzem a Békési sík térség régiójának vízminőségi elemzését, az eredmények értékelését, ez alapján a vízhasználati opciókat meghatározom.
- A Békési sík területéről a kútvizekből vett mintákon kísérleti sorozatot végzek, mely az egyéni, könnyen véghezvihető víztisztítási technológián alapszik, és ezen technológia hatékonyságának elemzése.
- A katonai terepi vízellátást érintő bakteriológiai kérdéskör vizsgálata, valamint a kockázatok minimalizálása.

KUTATÁSI MÓDSZEREK

A kutatásom során az alábbi kutatási módszereket komplexen alkalmaztam:

- Az elérhető szakirodalmi kutatás során áttekintettem a releváns nemzetközi és hazai szakirodalmat, valamint az online statisztikai adatbázisokat. Ezekből deduktív és induktív eljárások alapján az általános kutatási módszerekkel elemzéseket végeztem. Továbbá tanulmányoztam a releváns hazai jogszabályokat, szabványokat, valamint az ivóvízre vonatkozó szabályozásokat, melyek kapcsolódó részeit átültem a kutatási módszerembe.
- Hazai és nemzetközi konferenciákon és szakmai eseményeken vettem részt, valamint külföldi tanulmányokat folytattam a BOKU egyetemen. A témában jártas szakemberekkel konzultációkat folytattam, valamint a mérési módszerem kidolgozásánál kikértem a véleményüket.
- Vízmintákat vettem, melyeket a vonatkozó szabványi előírások szerint megvizsgáltam laboratóriumban mikrobiológiai, kémiai és biológiai szempontból. Az eredmények összehasonlító elemzése után további kísérleteket folytattam az ismételt vett vízmintákon. A kapott eredményeket kiértékeltem, elemeztem, levontam a következtetéseket.
- Szakmai konferenciákon és előadásokon bemutattam a kutatási részeredményeimet, valamint publikálom a mérési eredményeimet.

AZ AKTUÁLIS SZAKIRODALOM ÖSSZEFOGLALÓ ÁTTEKINTÉSE

Az általam feldolgozott szakirodalmi források legfontosabb elemei a vonatkozó jogszabályok, többek között az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről szóló 201/2001. (X. 25.) Kormányrendelet. Ez a rendelet tartalmazza azokat az ivóvíz minőségére vonatkozó paramétereket, amelyeket irányadónak vettem a kutatásom során.

Továbbá az elemzés fontos része a 101/2007. (XII. 23.) KvVM rendelet a felszín alatti vízkészletekbe történő beavatkozás és a vízkútúrás szakmai követelményeiről szóló rendelet, mely az utóbbi években párszor már módosult (és valószínűsíthetően fog még az elkövetkezendő időszakban változni, bővülni). Mivel a vízbázis védelmének szempontjából a kútúrásra, valamint a kutak létesítésére vonatkozó szabályozásokat tartalmazza, ezért a kutak kialakításáról szóló részben ezt a jogszabályt vettem alapul.

Mivel a vízellátás a kritikus infrastruktúra része, ezért a 2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről szóló jogszabály is fontos részét képezte a kutatásom szakirodalmi elemzésének. Ebből a jogszabályból rengeteg információt lehet szerezni a vízbiztonsági tervezéshez is.

Továbbá a 27/2006. (II.7.) Kormányrendelet a vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel szembeni védelméről, ami a mezőgazdaság, mint vízhasználói szektor részénél fontos alapját képezte a szakirodalmi feldolgozásnak.

A témához kapcsolódó szakirodalmi elemzés során nyomtatott és online könyveket, folyóiratokat, cikkeket, doktori értekezéseket, valamint szakdolgozatokat és tanulmányokat néztem át, valamint levéltári kutatásokat is végeztem.

Az alábbi szerzők művei kiemelt szerepet kaptak a szakirodalmi feldolgozás során: Padányi József, Földi László, Halász László, Berek Tamás, Kuti Rajmund, Mátyus Sándor, Dövényi Zoltán, Mádlné Szőnyi Judit és Rác László István.

Professzor Dr. Padányi József munkái közül a vízkonfliktusokra (Padányi 2015:1, 2015:2), valamint az ebből kialakuló háborús konfliktusokat elemző tanulmányokra vonatkozó hivatkozások jelennek meg a disszertációmban.

Professzor Dr. Földi László sokszínű és kiterjedt irodalmi munkássága közül a klímaváltozásra vonatkozó tanulmányai közül mind a magyar nyelvű (Földi 2013:1, 2013:2) irodalmat, mind az angol nyelven íródottakat átolvastam (Kuti et al. 2012; 2014), és a vízgazdálkodást érintő témához kapcsolódó gondolatokat beépítettem a disszertációba.

Professzor Dr. Halász László művei között a környezetbiztonságról szóló könyveket (Halász et al. 2014), valamint több cikket is áttanulmányoztam a témában.

Professzor Dr. Berek Tamás számtalan cikkét és tanulmányát átolvastam, mely témák közül az ivóvízellátásra, a vízbiztonságra, valamint az objektumvédelemre vonatkozóakra kiemelt figyelmet fordítottam.

Professzor Dr. Kuti Rajmund a katasztrófavédelem, a kárelhárítás és mentesítési műveletek, valamint az ivóvízellátás területéhez kapcsolódóan számtalan publikációt jelentetett meg többféle nyelven. Ezek közül az ivóvízellátást is érintő, valamint az árvízvédekezésről szóló műveit használtam fel a disszertációm elkészítése során.

Dr. Rácz László István munkássága a vízbázis védelemhez, valamint a vízellátáshoz kapcsolódik, és emiatt több publikációjából is idéztem.

Mátyus Sándor Vízellátás című könyve (Mátyus 2008) egy olyan alpmű, melyet a vízellátással, vízgazdálkodással foglalkozó szakemberek rendszeresen forgatnak. Egyetemeken tankönyvként, a vízműveknél szakkönyvként tartják számon. Ebből kifolyólag a disszertációban több esetben is hivatkozom eme könyvre.

Professzor Dr. Mádlné Szőnyi Judit Hidrogeológiai elektronikus egyetemi jegyzete kiváló összefoglalója a magyarországi hidrogeológiának.

Dövényi Zoltán Magyarország kistájainak katasztere című könyve (Dövényi 2010) egy olyan hiánypótló mű, melyet már többszörösen kiadtak, és hazánk különböző térségeit részletekbe menő pontossággal jellemzi. A felsorolt műveken, tanulmányokon és cikkeken kívül rengeteg más egyéb, a témához kapcsolódó publikációt, szabványt, valamint egyéb, itt fel nem sorolt jogszabályt tekintettem át, és a felhasznált irodalom részben mindezekre kapcsos zárójellel hivatkozva, a számozás az előfordulási sorrend szerint növekvően van jelölve.

A statisztikai elemzés során az R programot használtam, valamint a Microsoft Excel különböző statisztikai elemző és grafikonkészítő funkcióit. A saját mért adataimon kívül a Központi Statisztikai Hivatal, valamint a vízművek által publikált nyilvános vízvizsgálati adatokat is összevettem. Továbbá a Magyar Víziközmű Szövetség kiadványait, valamint a nemzetközi szakirodalom keretében az International Water Association kiadványait is tanulmányoztam.

A Vízbiztonsági Terveket 6 évente felülvizsgálni szükséges. Továbbá, a Vízgyűjtő Területekre vonatkozó adatszolgáltatási kötelezettsége hazánknak a Duna vízminőségére vonatkozólag a 2024-es évben lesz. A Duna vízgyűjtő területe a Budapest és Pest vármegyei térségre is jellemző, valamint az urbanizáció jellege, a csatornázottság minősége, valamint az ipari tevékenységek mind hatással vannak. Amint az ilyen jellegű felmérések friss eredményei megjelennek, érdemes egy újabb tanulmányban megjelenve mindazokat is beépíteni egy ilyen jellegű kutatás szakirodalmi részébe.

A DISSZERTÁCIÓ FELÉPÍTÉSE ÉS TARTALMI ELEMEI

A dolgozatom formai és tartalmi elemeit a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Egyetemi Doktori és Habilitációs Szabályzatának 2023.VII.13-tól hatályos változata alapján előírt formai követelmények szerint készítettem el. A szakirodalmi forrásokból felhasznált idézeteket az előfordulás szerint számoztam, és kapcsos zárójellel „ [] ” jelöltem. Ahol kiegészítő magyarázatot is szükségesnek tartottam, ott lábjegyzetekkel egészítettem ki a tartalmat.

A dolgozat végén található az irodalomjegyzék, mellékletben a felhasznált táptalajok összetétele, valamint a mérések azon törzsadatai, melyeket a dolgozatomban is felhasználtam az elemzéshez.

Szerkezetét tekintve négy fő fejezetből áll a disszertáció, melyből az *első fejezetben* bemutatom a vízgazdálkodási feladatokat, a vízkészletekkel kapcsolatos hidrogeológiai információkat, valamint felmérem a vízkészletek jelenlegi állapotát és ismertetem azokat a befolyásoló tényezőket, melyek kockázatot jelentenek a vízkészletek minőségére.

A *második fejezetben* az ivóvízellátásra vonatkozó mind megfeleléségi, minőségi, mind mennyiségi tulajdonságokat gyűjtöttem egybe, valamint az egyéni vízhasználat kérdéskörét is figyelembe véve az alternatív vízhasználatra igyekszem megoldási lehetőségeket adni.

A *harmadik fejezetben* bemutatom a vízművek által alkalmazott vízvizsgálati módszereket, valamint a víztisztítási lehetőségeket is. Továbbá ismertetem az általam végzett mérések módszerét.

A *negyedik fejezetben* a saját vizsgálati eredményeimet ismertetem, melyeket kielemeztem, értékeltem és összefoglaltam. A kútvizek minőségi paramétereire vonatkozó következtetések levonása után az összefoglalás részben az elvégzett kutatási feladatok lényegi pontjait, valamint ajánlásokat fogalmazok meg az alternatív vízhasználati rendszerek alkalmazásához.

1. A VÍZGAZDÁLKODÁS HELYZETE NEMZETKÖZI ÉS HAZAI SZINTEN

1.1. A világ vízkészlete és a vízkonfliktusok

A vízgazdálkodás az emberiség történelme során egy dinamikus fejlődési folyamaton ment keresztül. Mivel a vízkészletek országhatárokon keresztül nyúlnak, még akár kontinenseket is kereszteznek, ezért a megóvásuk csak globálisan, nemzetközileg elfogadott és betartott egyezmények segítségével valósulhat meg. Az 1948-ban Strasbourgban deklarált Víz Chartában a 17 jelentősebb vízgazdálkodást és vízhasználatot érintő vízegyezmények találhatóak meg. Ebbe a dokumentumba foglalták bele a Víz Charta 12 pontját. [1]

A vízgazdálkodás fejlődése és a technológia modernizálódása azonban nem csak a várt fejlődést, hanem a konfliktusokat is magával hozta. Ugyanis a vízhiány kiváltó tényezője lehet, hogy ha egyik ország elvezeti a vizet, így a másik régiót elvágva a víztől. Erre példa az Egyiptom, Etiópia és Szudán között kialakult háborús konfliktus. [2] Az ilyen, és ehhez hasonló konfliktusos helyzetek háborúhoz vezethetnek, és a szakértők már régóta figyelmeztetnek ezekre a komoly társadalmi problémákra. [3] A vízkonfliktusok tanulmányozása során kijelenthető, hogy akár már jelen korunkban is felerősödhetnek az elérhető édesvízkészletekért folytatott harcok. [4]

Az ivóvízhiány egy globálisan jelenlévő probléma, mely a világ számos pontján nehézségeket okoz az ott élő embereknek a mindennapok során, és hatalmas társadalmi problémát jelent azzal, hogy a gazdasági fejlődés lehetőségét nagymértékben korlátozza. [5]

A vízgazdálkodás Vermes László értelmezése szerint az összes olyan emberi tevékenység, mely a víz körforgásában szerepet játszik. [6] Ligetvári Ferenc értelmezése ennél tágabb, mert szerinte ezen fogalom alatt egy olyan tevékenységi kört kell érteni, ami a társadalom vízigényéhez kapcsolódó szükségleteit fedezi, valamint összehangolja az ezen tevékenységekkel járó folyamatokat a természet vízháztartásával. A vízgazdálkodás azt jelenti, amit a neve is sugall: a vízzel való gazdálkodást. Igény a kialakítására akkor jelentkezett elsődlegesen, amikor a vízkészletek mennyisége és minősége elkezdett negatív különbséget mutatni a rendelkezésre álló vízkészletek relációjában. A történelem folyamán mindezt meghatározta a környezet, az éghajlati viszonyok, a társadalom tevékenységi és gazdasági köre. A jelen környezeti viszonyaiban is mindezen összetevők azok, melyek a vízgazdálkodás lényeges pontjait meghatározzák. A domináns területek azok, melyekre a társadalomnak igénye van, és amely fenntartható. [7]

A vízgazdálkodás öt tényezője az alábbi: mennyiség, minőség, használat, hely, valamint az idő. Fontos, hogy stratégiaileg a megfelelő vízgazdálkodási politikát hozzuk létre, mert ezen döntések hatása ugyan a jelenben is érződik, de nagyon hosszú távra is kihatással van.

A vízgazdálkodás sokféle területet foglal magába a vízkészlettel való gazdálkodási szerepén keresztül a vízrendezésen, árvízmentesítésen, csatornázáson, öntözésen keresztül a vízellátásig. Bár mindegyik terület érdekes és izgalmas kutatási terület, terjedelmi korlátok miatt főképp a fenntartható vízkészletek és a vízellátást érintő területekkel foglalkozom a jelen disszertációban.

1.2. A Kárpát-medence hidrogeológiai jellemzése

A vízkészletek helyzete azért nagyon kritikus globális szinten, mert egyenlőtlen az elosztása. Míg a világ néhány pontján bővelkedünk az ivóvízben, addig a világ többi részén pedig sajnos szomjan halnak az emberek. A világ mostanra kezdi komolyan venni az ökológusok által is emlegetett veszélyt: a napi élet fenntartásához egyre több vízre van szükség, és egyre inkább csökken az elérhető vízkészlet. Az ökológiai lábnyom növekedése azt is magával hozza, hogy a környezeti elemek szennyeződnek, ami egy olyan ördögi kör, mely tovább csökkenti az elérhető vízmennyiséget. Mindez azt jelenti, hogy nagyon fontos megállapítani, hogy az elérhető vízkészletek a Kárpát-medencében milyen tartalékot tudnak képezni számunkra fenntarthatóan. [8]

A vízgazdálkodás során a teljes vízgyűjtő területet fel kell térképezni ahhoz, hogy az éppen aktuális vízügyi helyzetet megfelelően elemezni lehessen. Az 1. ábrán a Duna vízgyűjtő területén fekvő országok láthatóak, mely jól szemlélteti, hogy Magyarország a Kárpát-medence centralizáltságában helyezkedik el. Földrajzilag az ország nagy része alföldi jellegű, és geológiai adottságait figyelembe véve a vízellátás főképp a felszín alatti vízbázisokból történik.



1. ábra: A Duna vízgyűjtő területe. Forrás [8]

A hazai vízgazdálkodási intézkedések, a víz minőségével szemben támasztott reális elvárások, és a mindezeket szabályozó kormányrendeleteket szükséges időszakosan felülvizsgálni, esetenként a megváltozott körülményekhez igazítani.

Bár számszerűleg a rendelkezésre álló hazai vízkészletek elméletben sokáig elegendőek, azonban mind mennyiségileg, mind minőségileg apránként csökkennek. Mivel a magyarországi vízkészletek főként a felszín alatti vízkészletekből adódnak, ezért kiemelten fontos a talajvédelem, valamint a felszínről a talajba szivárgó, és ez által a felszín alatti vízkészletet tápláló vizek minőségének a megóvása. Sokféle intézkedést hoztak a vizek óvására, melyek között szerepel a környezettudatosság beemelése az oktatásba, valamint a szennyezést elkövető személlyel szembeni komoly fellépés. [9]

1.2.1. Magyarország régióinak jellemzése

A vizeink védelme, valamint ezáltal a vízkészletek óvása hozzájárul a fenntartható vízgazdálkodáshoz. Magyarország vizeinek védelme, valamint a vízkészletek rendelkezésre állása alapvető igény a felhasználás szempontjából. Azonban ez nem annyira egyértelmű, mint ahogy az elsőre látszik. Rengeteg intézkedési folyamat zajlik a víz kitermelésétől kezdve a fogyasztóhoz jutásáig. A Duna Stratégia Terv kiterjed a Duna teljes vízgyűjtő területére, mely Magyarország vízgazdálkodására jelentős hatással van. [10]

Magyarország vízrajzát a medence jellege határozza meg, mely enyhe lejtést mutat a déli irányba.

Hazánk 6 nagytájra, 33 középtájra, valamint 230 kistájra osztható. Hazánk legmagasabb pontjaként 1013 méterrel a Kékes-tető hegyét, és a legalacsonyabb pontjaként a Csongrád megyei Tiszaszigetet tartjuk számon.

A folyóvizeink a Duna vízgyűjtő rendszeréhez tartoznak. A másik nagy folyó a Tisza. Továbbá több mellékfolyó is található hazánkban, úgy mint a Rába, Répce, Dráva, Bodrog, Sajó, Zagyva, Szamos, Hármas-Körös, valamint a Maros.

Állóvizeink közül a legnagyobb tavunk a Balaton. További tavaink a Kis-Balaton, Velencei-tó, a Fertő-tó kb. negyede, Tisza-tó, stb. Rajtuk kívül még sok kisebb tó található hazánkban, mint például a tati Öreg-tó vagy a nyíregyházi Sós-tó. [11]

1.2.2. Békési térség jellemzése

A tanulmányomban a dél-alföldi kútvizeket vizsgálom, melyek különböző területekről, illetve különböző vízáadó rétegekből származnak. Ezért a Békési térséget egy külön alfejezetben mutatom be. Ebben a térségben jellemző, hogy faluhelyen sok háznál találhatóak olyan kutak, melyek vízminősége nem ismert, a tulajdonos legfeljebb talajmenti öntözésre használja a vizét. Az ilyen típusú kutaknak a vízminőségi értékeit meghatározva egyértelműen lehetne tudni, hogy a fogyasztható, a kifogásolható minőségű, vagy pedig a fogyasztásra és felhasználásra alkalmatlan kategóriába tartozik-e a víz. [12]

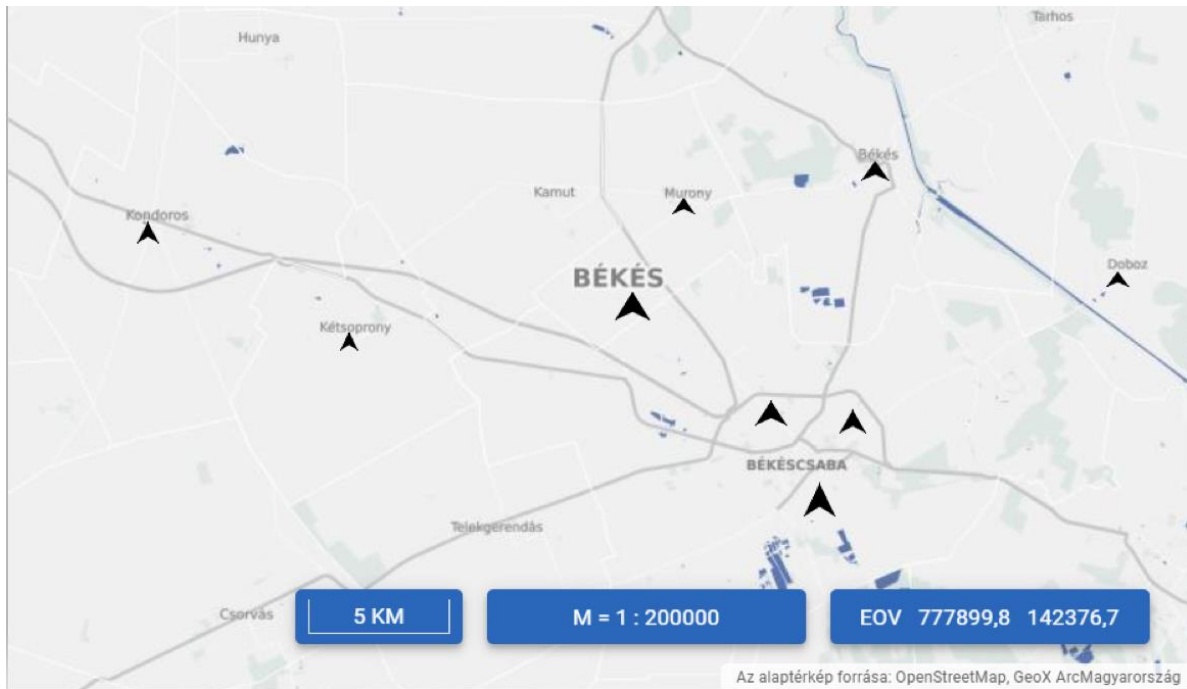
A kutatási időszakom empirikus mérési és terepi mintavételezési időszaka alatt 2019-2020-ban összesen 26 kútból vettem vízmintákat, melyeken laboratóriumban vizsgáltam. Ezek a kutak között voltak ásott és fűrt kutak is. Az összes vizsgálatok számát, valamint a megismételt vizsgálatokat, és az összehasonlíthatóságot, valamint értékelhetőséget is figyelembe véve az értékelt eredményeket lecsökkentettem 18 kútra.

A vizsgált kutak mindegyik a Békési síkon (azaz Békés megyében) helyezkedik el. Ez a terület jellemzően a Békés-Codruivölgy területén található, 82,6 és 92,1 m közötti tengerszint feletti magasságon. Amint látható, a terepszintben jelentős változás nincsen, így a lefolyás és a vízmosás nem jellemző itt. Ezért is ez a kistáj az ármentesség szempontjából az alacsony kategóriába sorolható. Bár pont ebből kifolyólag a vizsgált terület egyes részein vannak rossz lefolyással rendelkező, alacsony síkságok is, ahol áradáskor nem tudja a vizet elvezetni a terület, és ezért belvíz alakul ki. A napos órák száma évi 2000-2020 körül datálható, az éves középhőmérséklet 10,2-10,4 C°, és az ariditási indexe 1,3-1,4 között alakul. Ebből kifolyólag az adott területen a szárazságtűrő növények termesztése során a vízutánpótlásos öntözés

elengedhetetlen. A vízrajzát a Hármaskörös által átszőtt hálózat jellemzi. A kiépített vízvezető csatornák hóolvadás idején, valamint a nagy esőzések alkalmán megtelnek (általában ez nyár eleje), és minden más esetben közepes mértékű szárazság jellemzi a területet. A vízrajzi helyzet tekintetében belátható, hogy a mezőgazdaság számára elengedhetetlen az öntözés az év nagyobb részében. Maga a talajvíz átlagban 2-4 méter között mozog. A rétegvíz vízadó mennyisége közepes, és ez a réteg táplálja az artézi kutakat is, melyek kb. 200 méteres átlagmélységgel rendelkeznek. Az Alföld bizonyos részein a termelt vizek hőfoka még akár 50 – 84 C° is lehet. Az általam vizsgált kutak hőfoka ennél jóval alacsonyabb volt, jellemzően 11,9-22,8 C° közötti.

A vizsgált tájegység talajára jellemző az infúziós lösz, és ez az egész Maros-hordalékkúp síkságán is megjelenik. Ebből következik értelemszerűen, hogy a tájegység talaját löszös üledék borítja. A ráfúvódott löszös üledékből keletkezik az alföldi csernozjom mészlepedékes talajtípus, mely vályogszerű mechanikai összetételű, és nagyon ideális termőtalaj típus. A humusztartalma átlag 3-4% közötti, és ideális tápanyagforrás a talajlakó élőlényeknek, valamint a talajon termesztett növényeknek is. Helyel-közzel előfordul egy még ennél is kedvezőbb talajtípus, a réti csernozjom talaj. Jellemző rá az agyagos vályog szerkezet, és típusa szerint kiváló a mezőgazdasági tevékenységre. Elvértve előfordulnak szikes talajok is, melyek már sokkal kevésbé alkalmasak a mezőgazdasági növénytermesztésre, mivel a réti szolonyec típusú talajokon a növényzet nem tud megmaradni tartósan. [13]

A mintavételezés során a 2. ábrán ismertetett területekről származó vízmintákat vizsgáltam. A területen egyenetlen összefolyások figyelhetőek meg, és a vízfolyást meghatározó meanderező mélyedések találhatóak, valamint az azokból bekövetkező kiöntések, áradások a magyarázata annak, miért van sok terület nevében olyan kifejezés, mint például Sárrét, Mezőrét, stb.



2. ábra: Geológiai területi fedettség. A területi mintavételeket a fekete nyilak jelzik. [14]

Békéscsaba Gerla külterületének környékén, a Maros-mederben található, melynek legnagyobb része ki van ásva. A Gerlai Holtág deltatorokolatot képezve folyik bele a befogadó folyóba. Mivel, feltehetően nagyobb terület is ki lett ásva az idők folyamán a környéken, ezért a domborzati térképen látszik, hogy a növényzet alatt valamilyen csatornarendszer folyhatott régebben. Ezeket később beszántották, a növényzet benőtte. Azonban a térképet megfigyelve a sokféle összefolyó szakasz utóhatása még mindig látható. Emiatt a területen sokféle körtöltés, gátrendszer kiépítése volt szükséges. Ilyen gátrendszert képez maga a vasúti sínhálózat is. Békéscsaba Jamina városrészén egy természetes Maros-Holtág volt. [13]

A legtöbb vízmintavétel a muronyi 6 db kútból, illetve a békéscsabai felsőnyomási és kiseréti kutakból történt. Békéscsaba külterületi részén, sok helyen található fűrt, illetve ásott kút. Ezekből többnyire a nyári időszakban a kertet locsolják. Békéscsaba csatornázottsága, valamint vezetékes ivóvíz-hálózata szinte az egész várost lefedi.

Murony területén ezzel szemben alacsony a csatornázottság aránya, és ebből következik, hogy a szippantásos szennyvízgyűjtőből a talajba is szikkasztódik a szennyvíz. Emiatt ennek a területnek kútvizében várhatóan magasabb arányban jelenhetnek meg a fekális eredetű szennyezettséget indikáló baktériumok, és a szervesanyag-tartalom is magasabb az átlagnál.

Murony települése az elmúlt 10 évben megduplázódott, ezért az épített házak száma is növekedett. Ez kihatással van a környezetre is, ugyanis az urbanizációval a csatornázottság mértéke is növekszik.

Vizsgálat alá vont kutak statisztikai adatai					
sorszám	település	település-rész	kutak száma [db]	legkisebb mélység a felszíntől [m]	legnagyobb mélység a felszíntől [m]
1	Békés	Jégment	2	24	45
2	Békéscsaba	Felsőnyomás	4	8	99
3	Békéscsaba	Kisrét	1	93	100
4	Békéscsaba	Lencsési, I. kerület	3	17	50
5	Békéscsaba	Jamina	2	75	85
6	Békéscsaba	Sikony	2	7	35
7	Doboz	Községen belül	2	4	14
8	Doboz	Szanazug	1	37	42
9	Kétsoprony	Iskolai tanya sor	1	35	40
10	Kondoros		2	25	35
11	Murony		6	4	36

1. táblázat: A vizsgált kutak területi és mélységi eloszlása. (Forrás: [15])

Az ásott kutak mélysége többnyire 4-10 méter között, míg a fűrt kutak 25-50 méter között voltak nagyobb arányban. A kémiai és mikrobiológiai minősítés szempontjából elmondható, hogy a védett, mélyebb rétegekben levő víz minősége, minél mélyebb rétegből származik, annál tisztább. Ezek részletes kifejtése a 4. fejezetben lesz bemutatva a mért értékek alapján.

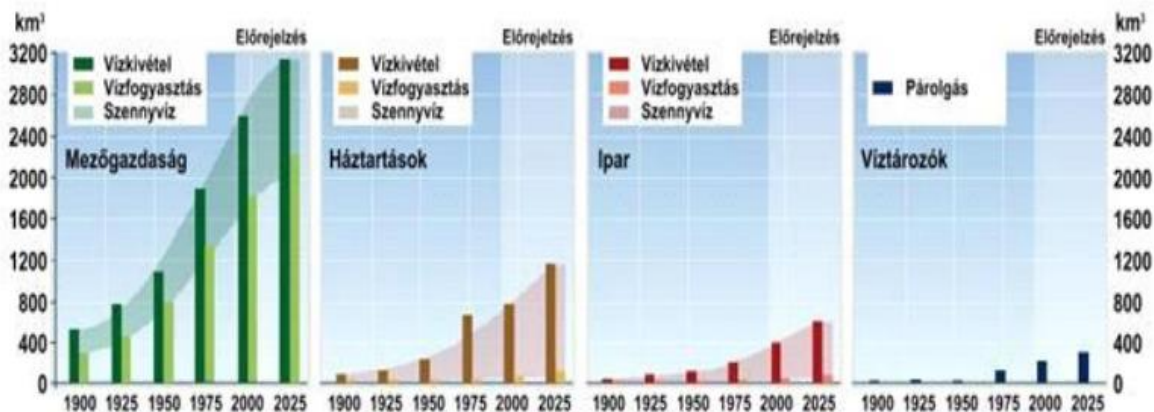
Kétsoprony egy alacsony lakossággal rendelkező település Békéscsaba és Kondoros között. Jellemző a mezőgazdasági tevékenység, valamint a csatornázottság hiánya. Az ott található fűrt kutakat sok esetben - egyéb alternatíva hiányában - ivóvíz céljára is használják. Azonban a bakteriológiai és kémiai értékek ismerete nélkül ez komoly egészségügyi kockázatot is magában rejt.

Kondoros és Békés városi jellegű település, nagyfokú csatornahálózattal. Azonban a külterületeken még nincs jelen a közművesített infrastruktúra. Ebből adódóan a külterületeken a fűrt és ásott kutak használata jellemző, valamint az állattartás és egyéb mezőgazdasági tevékenység. Doboz egy nagyrészt közművesített település, és vidékies jellege miatt jellemző az állattartás, növénytermesztés gyakorisága.

1.3. A vízgazdálkodás és a vízhasználók köre

A vízfogyasztás szempontjából a legnagyobb vízhasználói szektor a mezőgazdaság. Ezt követi a háztartás, majd az ipar, és a legalacsonyabb értékkel a víztárolással és az egyéb tevékenységi körrel rendelkező szektor található. Mindezek megoszlási arányát a 3. ábra mutatja be. Az előző fejezetben bemutatam a Békési sík területét, ahonnan a vizsgált kútvezetek származnak. Mivel a mezőgazdaság jelentős az adott területen, azonban vannak vízhiányos időszakok is, ezért ez az ábra még pontosabban értelmezhető mindezek

függvényében. Ha megnézzük a kommunális vízfogyasztást, a prognosztizált vízigény mindenhol egyre magasabb.



3. ábra: A globális vízhasználat múltbéli és prognosztizált jövőbeli alakulása ágazatonként, 1900-2025 időszakra vetítve, UNEP nyomán [16]

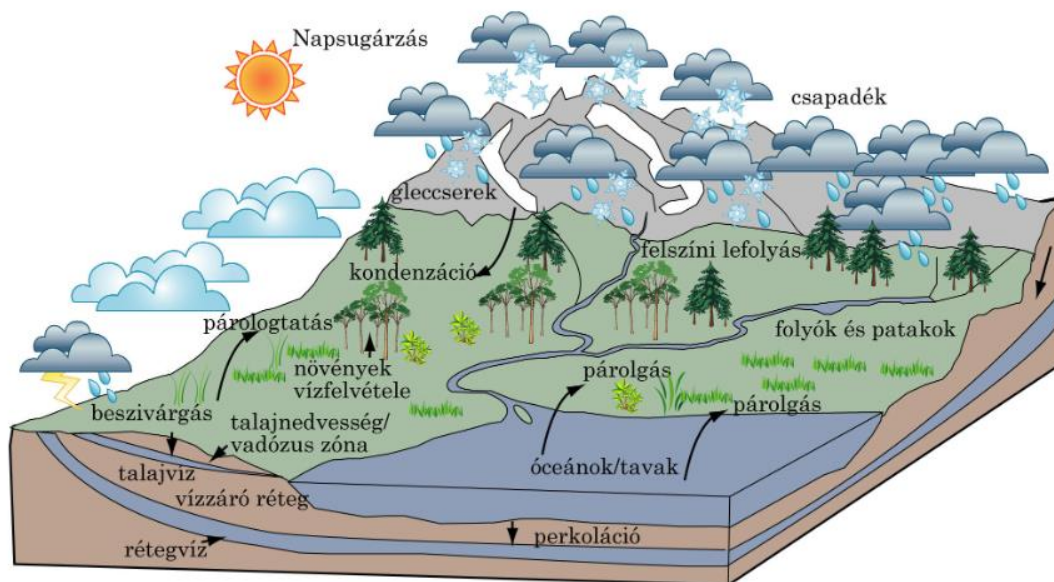
A fenti ábra a világvizonylati alakulást jellemzi, azonban hazánkban is hasonló tendenciák várhatóak a vízfogyasztás terén. Az ábrán az egy évre vetített vízfogyasztás mértéke figyelhető meg. Az 1980-as években ezt még úgy gondolták el, hogy folyamatos lineáris növekedés várható, és ehhez igazították a közművek méretét is. Azonban a fenntartható fejlődés elveinek terjedése, valamint a technológiai fejlődés következtében egyre inkább elterjedtek olyan technológiák és háztartási berendezések, melyek az energiatakarékosság mellett alacsony vízfogyasztásúak is. Mindezen adatoknak köszönhetően a vízigények nem olyan mértékben növekedtek, mint ahogy várható volt, és ezért a közművek helyenként túlméretezetté váltak. Sajnálatos tény, hogy ezeken a szakaszokon is szükséges a víznyomást és a rendelkezésre álló vízmennyiséget fenntartani, ami ahhoz vezet, hogy a rendszerben áll a víz, és a pangóvíz jelensége rossz vízminőséget eredményez. [17] Így ezen a szakaszon a használat megkezdése előtt a felhasználónak ki kell engednie a csapból az állott vizet. Ez pocskékolásnak tűnhet, azonban tudatos vízhasználattal ezt a vízmennyiséget lehet használni például felmosásra, takarításra, autómosásra, öntözésre, stb.

A mezőgazdaságban nem igazán várható a vízigény csökkenése. Azonban a növénytermesztésben a szárazságtűrő és kevésbé vízigényes fajok választásával, valamint tudatos földhasználattal a vízigények optimalizálhatók. Összességében a magyarországi viszonylatban a hőmérséklet változás, ezzel együtt a globális felmelegedés a mezőgazdaságot is érzékenyen érinti, mely a vízhasználatra nagy hatással lesz.

1.3.1. A víz körforgása és az őt érő szennyeződések típusai

A víz Földünkön mindhárom halmazállapotában megtalálható, rendkívül mozgékony elem. Körforgása része a természetnek. Azonban nem mindegy, hogy az egyes szakaszaiban milyen típusú szennyezések érik, illetve hogy a körfolyamatban részt vevő szakaszaiban mennyi a tartózkodási ideje, valamint milyen mértékű az utánpótlódása. Ez alapján valójában a vízi közmű által szolgáltatott vízellátás és csatornázottság másodlagos körforgásnak is tekinthető a víz megtett útja által. Az elsődleges körforgás az evapotranspirációból, felhőképződésből, esőből, vízfolyásokból, beszivárgásokból, és további, a víz mozgásához köthető folyamatokból áll. A másodlagos körforgás a vízbeszerzés, vízkezelés, vízszállítás, vízfelhasználás, víztisztítás, valamint a tisztított szennyvíz befogadóba engedéséből áll. [18]

A víz körforgását a 4. ábra jól szemlélteti.



4. ábra: A víz körforgása. Forrás: [19]

A víz körforgását a hőmérséklet és a gravitáció irányítja. A napsugárzás felmelegíti a vízrészecskéket, így gáz halmazállapotúvá válva a légkörben felfelé szállva felhő képződik. Összegyűlvén a légkörben lehűlt hőmérséklet hatására csapadék formájában visszahullik a földfelszínre, ami a folyókban, patakokban jelentős vízmennyiséggé növekszik. Beszivároghat a talajba a felszín alatti vízadó rétegeket tölti fel. Innen természetes vagy mesterséges úton kisajtolódva ismét a környezetbe kerül, és onnan a légkörbe.

A víz körforgása során rengeteg szennyeződés megkötődhet a légkörből a csapadékkal, illetve a talaj felszínén lévő szennyeződések bemosódhatnak a felszín alatti vízadó rétegekbe,

továbbá a növények felszívhatják gyökerekkel, stb. Tehát, a szennyeződés a vízzel együtt vándorolhat. A szennyezőanyagok környezetbe jutásának lehetőségét, valamint a szennyeződések transzportját emiatt is szükséges a forrásnál megállítani.

1.3.2. Az ivóvízzel szemben támasztott követelmények

Ahogy a világ legtöbb részén, úgy Magyarországon is figyelembe veszik a WHO által előírányzott irányelveket. Ez alapján az ivóvíznek többféle paraméternek kell megfelelnie, melyeket Kormányrendeletekkel és törvényekkel, illetve helyi szabályozásokkal irányoznak elő. Az alábbi öt paraméter mindezek közül kiemelkedik:

- ne tartalmazzon egészségre káros anyagot,
- színtelen, szagtalan, átlátszó legyen (azaz ne legyen zavaros),
- hőmérséklete kellemes legyen, azaz 5-15 C° legyen,
- kémhatása enyhén lúgos legyen,
- íze kellemes, üdítő hatású legyen. [18]

A 201/2001-es kormányrendelet ennél jóval részletesebben részletezi a vizsgálandó kémiai, biológiai és fizikai paramétereket, melyeket a magyarországi ivóvízellátás során a vízművek kötelezően vizsgálnak. A víz fizikai tulajdonságai a helyszíni hőmérséklet, sűrűség, az összenyomhatósága (mely függ a tartalmazott anyagoktól), a forrásponttal, fagyásponttal, párolgási hővel, viszkozitással, a kapilláris tulajdonságaival¹, színével, szagával, ízével, lebegőanyag-tartalmával, radioaktivitásával jellemezhető. A kémiai tulajdonságai közé az oldóképessége, keménysége, pH-értéke, kémiai oxigénigénye, valamint a benne oldott anyagok (arzen, vas, mangán, stb.) tartoznak ide, de ide sorolható még a víz disszociáló képessége, valamint a benne lévő nem oldott anyagok is. A bakteriológiai minősítés során a telepkepző egységek számát szokták vizsgálni, melyek részletesebben a harmadik fejezetben lesznek kifejtve. A biológiai minősítés jellemzően mikroszkópos vizsgálatokból (melyen főképp az egysejtű élőlények megszámlálását és felszorzását jelenti 1 liter vízmennyiségre viszonyítva, valamint toxikológiai tesztek keretén belül a hal és csíratesztek elvégzése). [20]

1.3.3. A katasztrófavédelem szerepe a vízbázis védelemben

Magyarország éghajlatát tekintve három zóna találkozási pontjába esik: száraz kontinentális, csapadékos óceáni, illetve mediterrán. A változatos időjárási körülményeket a klímaváltozás

¹ a kapillaritás hajszálcsövességet jelent, és az adhéziós erővel szemben van jelentősége.

is befolyásolja. A katasztrófavédelmi szerveknek a sokféle típusú környezeti jelenségek miatt az extrém időjárási helyzetekre fel kell készülniük. A nehézséget az adja, hogy sokszor ezeket nem lehet előre jelezni. [21] Ilyenkor nem csak az előkészületeket, de a mentést követő kármentesítést is meg kell mind szervezni, mind előzetesen tervezni. A védelmi műveleteket kötelező egészen addig folytatni, míg a mindennapi élet szintje az adott területen folytathatóvá válik. Azaz a közlekedésnek zavartalannak kell lennie, és a veszélynek teljes mértékben el kell hárulnia. [22]

Az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság meghatározása szerint sokféle típusú esemény sorolható a katasztrófák közé. Hidrológiai eredetű az árvíz és a belvíz, geológiai a földrengés és földcsuszamlás, meteorológiai a szélviharok, aszály, hőség, rendkívüli hideg, téli veszélyek, heves zivatar, tornádó. Továbbá a civilizációs eredetű veszélyek a nukleáris baleset, a vegyi baleset, a veszélyes anyagok szállítása, a közlekedési balesetek, járványok. A tüzesetek között lehetnek épülettüzek, szabadtéri tüzek, de akár erdőtüzek is. A tömegrendezvényeknek is megvannak a veszélyei, akár csak a szúnyoginvázióknak vagy a szökőárknak, vulkánkitörésnek, de akár a szén-monoxid-mérgezésnek is. A veszélyelemzés során végig lehetne venni, hogy mely katasztrófatípusnak milyen jellegű hatása lehetne a vízkészletekre, illetve a vízellátásra. A tanulmányom jelen szakaszában a legtipikusabb - a vízellátásra, illetve vízbázisra is hatást kifejtő katasztrófa típusokat elemzem.

A belvízzel szemben az általános védekezés szempontja, hogy ha az adott területen túl sok vizet észlelnek, jelentse az adott személy az illetékes hatóságnak. Ekkor megkezdődik a helyszíni vizsgálat, illetve a keletkezett esemény kiindulópontjának, valamint a keletkezés okának a felmérése. A védelmi intézkedéshez szükséges meghatározni, hogy milyen eszköz, illetve milyen erő bevetése szükséges. Az elsődleges cél a kármentesítés, hogy a további kártétel elkerülendő legyen. Ha hosszabban elhúzódó esetről van szó, akkor szükséges a helyszíni ügyelet megszervezése. Ezzel párhuzamosan a lakosságot értesíteni szükséges, valamint riasztást kell biztosítani az adott helyszínre. Az ügyelethez a munkagépeket, valamint a járműveket és az élőerőt mind meg kell szervezni, melynek a logisztikai kivitelezésében akár a többi társ-önkormányzatok segítségét is szükséges kikérni. [23]

Az eljárás folyamán fontos, hogy egy személy kezdje meg az intézkedést, és ne párhuzamosan több szálon fusson, mivel az zűrzavart okozhat a kárelhárítás során. Erre azért is van szükség, mert az esetleges hibákat az egyszemélyes irányítás során az irányító személy szakszerűen ki tudja szűrni, és meg tudja szüntetni. A tájékoztatás és információátadás kiemelten fontos a mentesítési művelet során, és az előre tájékoztatás sokkal hatékonyabbá változtatja a veszélyes helyzetek felszámolásának folyamatát. [24] A mentések során az első szempont a

közvetlen élet- és balesetveszélynek az elhárítása. Ha szükséges, a közműveket ki kell kapcsolni az adott területen, de akár a nagyobb régióban is. Ennek értelmében először kimenekíteni és kitelepíteni szükséges, ezt követően a védekezési és értékmentési feladatok már folyhatnak párhuzamosan is, ha elmúlt az életveszély. [23] A 2011. évi katasztrófavédelmi törvény leírása az alábbi a belvízzel kapcsolatban (20. pont 44.§): *„ab) belvízvédekezés során, ha a belvíz lakott területeket, ipartelepeket, fő közlekedési utakat, vasutakat veszélyeztet és a veszélyeztetés olyan mértékű, hogy a kár megelőzése, az újabb elöntések elhárítása meghaladja az erre rendelt szervezetek védekezési lehetőségeit...”* [25].

Ami a katasztrófavédelem számára mindenkor fokozott készültséget jelent, az a szélsőséges időjárási körülmények. Ilyen például a megnövekedett csapadékhullás miatt a városon belüli vízelvezetés problémája, mert a megemelkedett vízmennyiséget a csatornahálózat nem tudja elszállítani. Ekkor a vízmennyiség megreked, a közlekedésben fennakadások keletkeznek, és ha huzamosabb ideig fennáll a helyzet, az épületekben károk keletkeznek, megrongálódnak a közművek, és a szolgáltatásokat is szüneteltetni kell. A jellemzője a szélsőséges időjárási jelenségeknek, hogy előre nem megjósolható az intenzitása, nagy károkat képes okozni, valamint hirtelen fejt ki a hatását. Bizonyos szinten ezekre fel lehet készülni, például a vízelvezető árkok karbantartásával, valamint a védekezéshez szükséges erő-eszközök készletben tartásával, és a téli havazás esetére a csúszásmentesítő anyagok készletben tartásával. [26].

1.3.4. Árvizek hatása a vízbázisra

Az éghajlat nagyütemű változása miatt a vízgazdálkodás már nem csak egy tudományág, hanem olyan biztonságpolitikai kérdéssé is vált. melyhez a területileg illetékes szervek erőforrásait is igénybe szükséges venni. Emiatt kijelenthető, hogy az árvizekkel és belvíz kialakulásának jelenségével foglalkozni szükséges, valamint mindezek kérdésköre kiemelten fontos szerepet tölt be a vízvédelmi stratégia tervezésében és megvalósításában. Az elméleti és gyakorlati lépéseken túl igen fontos az agyagi költségvetésbe is beépíteni ezt a tételt, mert a vízkárelhárításra fordítandó keretösszeg meghatározza azt is, milyen mértékben tudják a szakemberek is a materiális és munkaerőt igénybe venni a kárelhárítás során. Tehát olyan megfelelő intézkedési stratégiát szükséges kidolgozni, ami lehetővé teszi a havária helyzetben való gyors és hatékony mentesítési műveletet. A különböző árvizek ideje és jellege tapasztalati alapon valamennyire meghatározható, valamint azt lehet tudni, hogy minden évben szükség van az árvíz elleni védekezésre. Ebből kifolyólag mindezekre szakmailag fel kell készülni, és az időszerű, aktuális intézkedéseket szükséges megtenni. Az árvíz esetében

nem csak a megemelkedett vízszint jelent problémát a mennyisége miatt, de a víz tartalma is. Ugyan jelentős a fizikailag okozott anyagi kár, azonban fontos megemlíteni a minőségi problémákat is. A víz összetétele bármit tartalmazhat, a kommunális hulladékgyűjtő szigetről származó hulladékon át az állattartó telepek ürülékein bármi előfordulhat. Továbbá a megemelkedett vízszint azt is eredményezi, hogy a vízműveknek az átlagostól a többszörös vízmennyiséggel lenne szükséges megbirkóznia. Ez a nagy mennyiségű víz a szennyvíztisztító telepeken megváltoztatja a különböző ülepítő medencék mind a biológiai és a bakteriális, mind kémiai összetételét. Mindez az egész rendszerre hatással van. Befolyásolja az ülepítő medencéket, flokkulációt, az ülepedést, a biogáz termelését, valamint a szennyvíziszap rothasztását is. [27]

Habár az árvizek kialakulásának az ideje és vízhozama változó ugyan, de azt prognosztizálni lehet, hogy évente több levonulás is elő fog fordulni. Feltételezhető, hogy a tavaszi és őszi időszakban fordulnak elő a legsűrűbben áradások. Magyarország számára ebből kifolyólag szüksége van olyan árvízvédelmi tervre, amely a geológiai és vízrajzi jellemzők alapján készül, és amely stratégia megfelelően fel tudja készíteni a hazai vízgazdálkodási igazgatóságokat és katasztrófavédelmi szerveket az áradás során a mentesítési feladatokra. [28] Továbbá a mentesítés során alkalmazott, megfelelő lépéseket, működőképes, jó ötleteket érdemes integrálni a hazai eljárásrendbe is.

A víz jegesedése úgy alakul ki, hogy +0 °C-on a víz megfagy. A víz sűrűsége 4°C-on a legnagyobb, (1000 kg/m³), a magasabb hőmérsékletű vízrétegek mélyebben helyezkednek el, ezért a nagyon nagy mélységű vizek sosem képesek befagyni teljesen. A keletkezett jégdarabok a sűrűség-különbség hatására lesüllyednek, ahol a víz alacsonyabb hőmérsékletű. Ekkor részleges jegesedések alakulnak ki, amik a folyó felszínén úsznak, lebegnek, valamint egyes szakaszokon torlódásokat okoznak. [20]

Az árvíz definíciója: „a folyó vagy vízfolyás középvízi medrének partélet meghaladó, ill. középvízi medréből kilépő víz.” [29] Azaz árvíznek nevezhető az a vízszint, ami a normál vízállást oly mértékben meghaladja, hogy akár a medréből is kilép.

A hazánkban jellemzően előforduló árvizek lehetnek:

- folyami árvíz,
- jeges árvíz,
- villámárvíz („flash flood”),
- duzzasztógát szakadás.

Ezen kívül létezik még cunami és tengerár is, melyek az ország földrajzi adottságai miatt nem fordulhatnak elő Magyarországon. [27] Mivel a folyami árvizek mindig keletkeznek, ezért a

védekezést ezzel szemben szükséges kiépíteni. A védekezés azokon a szakaszokon szükséges, ahol olyan jelenségek lépnek fel, melyek a védvonal állékonyságát károsíthatják, illetve a jelenségek fellépésével szembeni módokra van szükség. A villámárvizek, mint ahogy a neve is mutatja, hirtelen jellegű, nagy lefolyású. Ehhez szükséges a tereplejtés is, emiatt számolni lehet, mely területek vannak a kockázatnak kitéve. A jeges árvizekkel szembeni védekezéshez egy erre külön készített árvíz elhárítási teret követnek a katasztrófavédelmi szervek. Ennek elkészítéséhez előzetes felmérés során azon folyószakaszokon, ahol jégtorlasz képződhet, kockázati elemzést végeznek. Mivel ez egy rendszeresen ismétlődő jelenség, ezért lehet és szükséges is felkészülni rá. A kialakulásának oka a túlzott mederszélesség, valamint az ennek következtében kialakuló zátonyok és gázlók. Ezzel szemben főképp folyószabályozással és a jéglevonulási viszonyok javításával lehet legjobban védekezni. [27]

Az árvízvédelmi munkálatok megoldására többféle lehetőség is adott. A már létrehozott műtárgyakhoz pluszban az árvizek bekövetkeztekor az előforduló eróziós hatások csökkentése érdekében lehet például fejkarózást, rőzsorot is bevetni, de akár egy második védvonalat is építhetnek kőből vagy földből. Ezek azért hatásosak, mert a töltéserózió többnyire a víz felőli oldalon a hullámvész hatására következik be. Erős hatás esetén a töltésnek a részűje a víz felőli oldalon veszélyes, mivel ha a töltés koronáját közelíti az árvíz, akkor éppen a töltés laza, bomlékony részét éri az ütéshatás, és ebből kifolyólag a víz egyszerűen átcsapódhat a töltés koronáján. Ilyenkor maga a hullámvész ellen kell felkészülni, melyre kétféle lehetőség áll rendelkezésre: vagy magának a hullámok ütéshatásának a csökkentését kezdik el, vagy pedig az ütéshatást kiváltó energiát még az ütés bekövetkezése előtt csökkentik. Ezekre is szintén vannak olyan módszerek, mint például a rőzse hengsorsor, vagy az ollós karózás. A többféle eljárás közül, hogy éppen melyiket választják, attól is függ, milyen erős a szélfűvás, valamint hogy a töltés füvesített-e. További szempont, hogy van-e már meglévő repedés a töltésen, keletkeztek-e buzgárok, stb.

A kármentesítést végző hatóságnak az eljárás megkezdéséhez és megszervezéséhez kiemelkedően fontos információ, hogy milyen szintű a vízállás, mikorra várható a magasabb vízállás milyen anyageszközök és technológiák állnak rendelkezésre helyileg, mekkora létszámú a személyzeti állomány, amely mozgósítható. A további részletek minden esetben az éppen kialakult helyzet súlyossága és a készültség foka határozza meg. A műveleti beavatkozás során további általános és rendkívüli teendők is felmerülhetnek.

Az árvízi készültséget az alábbi kategóriák szerint lehet jellemezni:

I. fokú készültség: a védendő szakaszt be kell járnia a szakasz védelemvezetőjének, és 12 órás nappali őrzőjárat szükséges. A vízállást minimum naponta kétszer le kell olvasni.

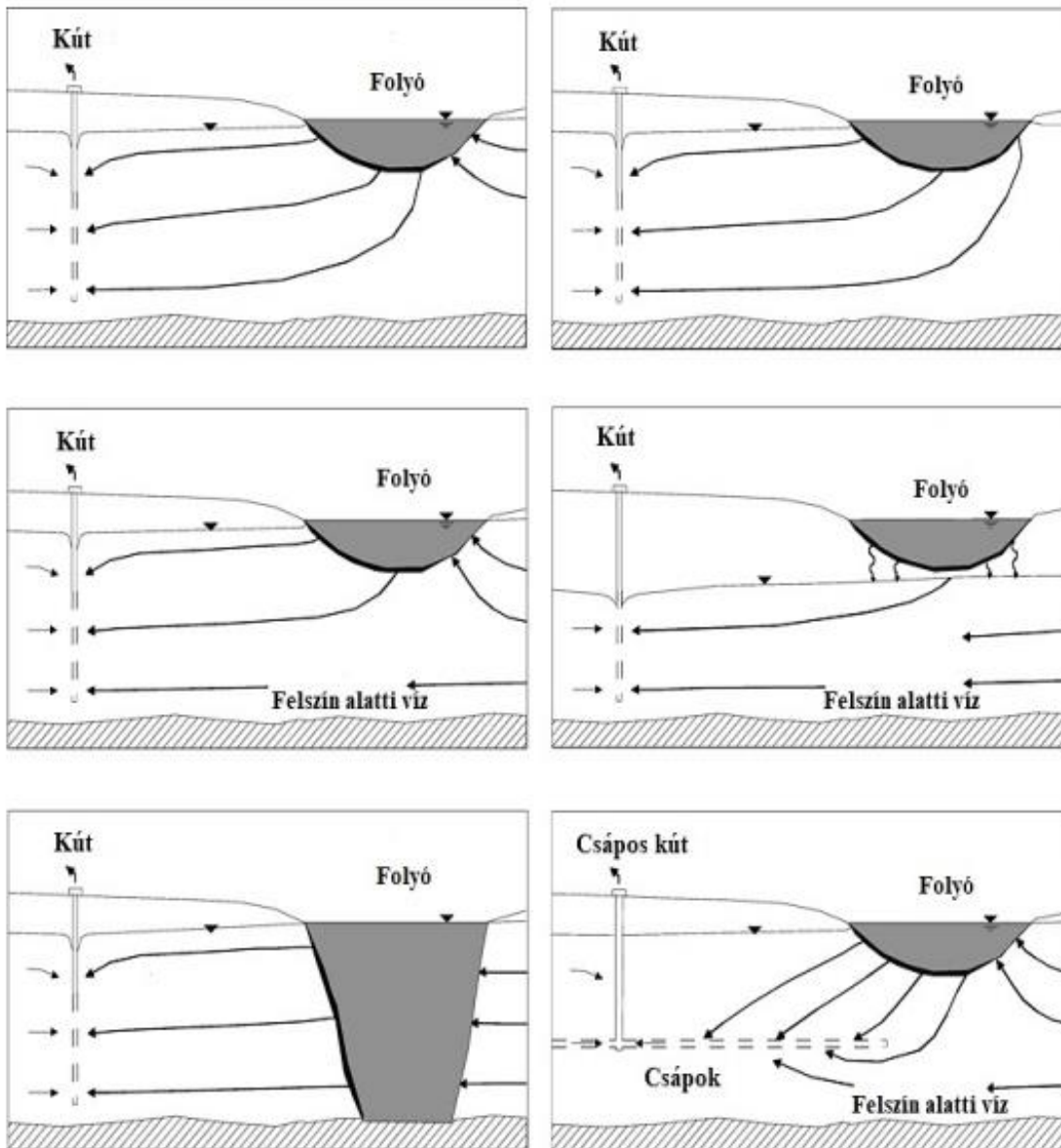
II. fokú készültség: 24 órás őrzőrátra van szükség, legalább naponta négyszer, minimum 6 óránként le kell olvasni a vízállást. Amennyiben szükséges, helyileg vagy központosítottan védelmi osztagot lehet rendelni a veszélyeztetett szakaszhoz, amennyiben a nagyfokú áradás veszélye fennáll.

III. fokú készültség: A legmagasabb fokú készültség, vészörök jelenlétére van szükség. A védművek több pontján külön személyeket kell állítani, akik kétóránként a vízállást leolvassák, és bármilyen változást a veszélyeztetett pontokon azonnal jelentenek.

Ha rendkívüli készültségi fokozat áll fenn, abban az esetben a vízügyi főigazgató rendeli el a lokalizációs tevékenységnek a megkezdését. Ekkor köteles legalább két árvízvédelmi osztagot is a töltésekhez rendelni, és ezen osztagoknak a műtárgyak épségét megvizsgálják, valamint a helyszíni felmérést végzik, és igény esetén a készültségi intézkedések előkészítését kell megkezdniük. Továbbá, szélsőséges esetben a vízügyi igazgató dönthet úgy, hogy a veszélyeztetett szakaszon szükséges a fegyveres őrzés, valamint járőrszolgálat biztosítás, vagy az emberek evakuálása.

A nagyfokú árvízvédelem során a mentési eljárások után azt is figyelembe kell venni, hogy a környezetre milyen hatást gyakorolt az árvíz. A vízművek számára, amennyiben felszíni vízkivételről van szó, esetleg karsztvízről, a vízellátás folyamatossága akadozhat, vagy szünetelhet. A parti szűrésű kutak a felszín alatti kategóriába vannak sorolva, mégpedig pontosan a védett jellege miatt. Ugyanis a szűrőréteg igencsak vastag, és a folyót érő hatás az alsóbb rétegekben nem jelentős, vagy csak késleltetve jelentkezik a vízminőségben, akárcsak a felszín alatti vízbázis esetében. [30]

A csápos kutak víztermelését az 5. ábra szemlélteti. A szerző, Nyíri Gábor és munkatársai azt szemléltették az ábrával, hogy a vízbetáplálás a kútba milyen útvonalakon történhet, valamint a víz valószínűsíthető áramlási útvonalát. A témához kapcsolódóan ezen a sematikus ábrán jól látszik, hogy a vízbetáplálás mely irányokból történhet.



5. ábra: A víznyerés különböző áramlási szituációi parti szűrészű kút esetében. Forrás: [31]

A csápos kutak, illetve a törpe csápos kutak általi vízellátás a folyók mentén található szűrőréteget alkalmazza, mely természetes módon szűri a folyóvizet. Vannak olyan technológiák, amikor kevert vízellátásról lehet beszélni, azaz amikor a kút nem csak a folyó vizét, hanem a közeli rétegvizet is elkezd szivni, és ez által egy mixált vízellátási módról lehet beszélni. Ami befolyásolhatja a vízminőséget, hogy árvíz során, nagy sodrás esetén a vastag homok- és kavicsréteget a víz felkavarja, ami egyrészt a szűrési folyamatba kerülhet, másrészt a rétegek szűrési funkciója lecsökken vagy megszűnik ideiglenesen, és ez által a szűrés minősége romlik, ami a vízminőségben is jelentkezhet. Az eddigi tapasztalatok alapján a parti szűrészű kutakból származó vizek nagyfokú árvíz-készültség esetén rosszabb minőségűek, fertőzésveszély léphet fel, zavaros és kifogásolható a vízminőség. Erre az a megoldás, hogy

amennyiben árvízveszély esete áll fenn, a azon parti szűrésű kutaknál, ahol vízbetörés várható, le kell állítani a hálózatra termelést, és ki kell vonni a szolgáltatásból egészen addig, míg a veszély el nem hárul. A kockázati elemzések alapján célszerűbb az ilyen típusú kutakat kivonni a szolgáltatásból, mintsem rossz minőségű vizet vezetni a tisztítási folyamatba, amely esetleg a tározókig, illetve akár a hálózati szakaszba is kerülhet. Ha így járnak el, az árvíz elvonulása után csupán az érintett termelő kutakat szükséges fertőtleníteni, és utána folytatódhat a hálózatra termelés.

A további probléma az, lehet, ha árvíz idején a termelő berendezés egy része vagy egésze víz alá kerül. Ilyenkor az adott kutat csak vízi járművel lehet megközelíteni (gyalogosan vagy gépjárművel életveszélyes lenne, és emiatt kifejezetten nem ajánlott). Meghibásodás esetén a szerelők csak vízi járművön tudják a kutat elérni. Továbbá szükséges számolni a vízbetörésekkel, valamint a szivárgással is, mely például a nem megfelelően tömített kutaknál fordulhat elő. Ugyanez az extrafiltrációs jelenség a normál vízállásnál úgy figyelhető meg, ha csövek környezetében a meghibásodási pontokon a vízszivárgást megfigyeljük. Árvíz esetén ugyanazon pontokon infiltráció léphet fel, azaz ezeken a bejutási pontokon a csövek külső szakaszán víz van, és a nyersvíz a rendszerbe szivárog szűrés nélkül, ami a vízellátó rendszer adott szakaszát is elfertőzi. Ennek megelőzése lehet, hogy a vízbetörésre hajlamos kutakat már az árvízi készültség kezdetekor lekapcsolják a termelésről, és azon kutakat alkalmazzák csak, melyek minősége megfelelő. Ebben az esetben, mivel a vízellátást minden körülmények között fenn kell tartani, a tartalék tározókból pótolják az ellátást, és a többi termelő kutat nagyobb kapacitásra állítják. [32]

1.3.5. A klímaváltozás hatása a vízkészletekre

A klímaváltozás egy olyan folyamat, mely a megszokott tendenciától eltérő időjárási körülményeket produkál. Sokféle tanulmány készült ezekkel kapcsolatosan, és sokan számolnak be arra a következtetésre jutva, hogy az antropogén hatás jelentős szerepet játszik a klímaváltozás kialakulásában. Bár az egyes emberi tevékenységek és termelő folyamatok valóban közrejátszanak az üvegházhatás kialakulásában, valamint az időjárási körülményeket minimálisan lehet befolyásolni művi úton is, az antropogén hatások mellett szükséges megemlíteni, hogy a bolygónkon az emberiség megjelenése nélkül is zajlana egyfajta klímaváltozás. Természetesen az egyes ipari folyamatok üvegházhatást felerősítő folyamata tagadhatatlan, és tény, hogy az antropogén hatások is közrejátszanak a folyamatban, azonban nem csak és kizárólag az emberiség felelőssége a már éppen folyamatosan zajló hőmérsékletváltozás. [33]

A megváltozott időjárási körülmények a szélsőségeikkel nemcsak a katasztrófák előidézésével okoznak károkat (áradások, tájfun, cunami például), hanem azáltal is, hogy a növény és állatvilág számára az életkörülmények változása drasztikus. Az évmilliók alatt kialakult faji jellegzetességek nem tudják adoptálni pár évtized, illetve pár év alatt a hirtelen változásokat, és így a fajok pusztulása prognosztizálható. A mezőgazdaság és az állattenyésztés számára is nehézséget jelent a termelési folyamatok fenntartása, és az alacsonyabb termelés azt jelenti, hogy kevesebb termék fog rendelkezésre állni, ami hosszú távon élelmiszerhiányt és inflációt generál. Tehát mind élettanilag, mind gazdaságilag hatalmas károkat tud okozni. [34] Az időjárási extrémítások egy része előre jelezhető, ezért a negatív hatások egy részére fel lehet készülni. A jelenségek többi része azonban nem jelezhető előre, ebből kifolyólag azokra nem is lehet felkészülni. Így a klímaváltozás általi extrém időjárási jelenségek súlyos károkat okoznak a természeti és az épített környezetben is. [21] Az élőlények többsége - főképp, ha minél fejlettebb - mind a szárazföldi, mind a vízi közegben csupán egy szűk hőmérsékleti tartományon belül tudnak létezni. Az egyéb környezeti tényezők is limitálóan hatnak (pára, légnyomás, oxigén, stb.). Ha a hőmérséklet drasztikusan megváltozik, az az élettér megváltozásával is együtt jár, és minél alacsonyabb az adott élőlény tűrőképessége, annál valószínűbb, hogy nem fogja túlélni a klímaváltozási ingadozásokat. Tehát minél alacsonyabb a tűrőképességük, annál nagyobb veszélyt jelent rájuk a klímaváltozás. [22]

Vizeinkben normális és természetes hőingadozások figyelhetők meg, melyek nem esnek sem a hőterhelés, sem a hőszennyezés kategóriájába. Ha például a nyári és téli hőmérséklet közötti 30°C-os eltérés van, még az sem számít hőszennyezésnek, mivel az élőlények alkalmazkodtak a természetes hőmérséklet-ingadozásokhoz a vizes környezetben. A hegyi patakok is, egészen addig, míg folyóvá nőnek, és elérnek a tengerig, rendszerint igen magas hőmérsékletváltozáson mennek keresztül. Hőterhelés azonban az, amikor egy emberi tevékenység során a hőleadás vízzel történik, és ezt a vizet ezután a természetbe engedik vissza. Vízzel hűtenek például az atomerőműveknél, hőerőműveknél, hulladékégetőknél, stb. Ha a befogadó közegben a vízi közösség hőtűrése magas, ez nem jelent gondot. Azonban az érzékenyebb élőlények tűrőképessége alacsonyabb, ami ugyanazon fajon belül függhet a nemtől és az életszakasztól is. Egy-egy életszakaszban más a megkívánt hőmérséklet, például peterakásnál vagy ívánál a halak esetében más, mint az egyes-anyagcsere folyamatoknál. Ha az egyensúly felborul, az nem csak az adott populációt veszélyezteti, de a víz minősége is radikálisan megváltozik. Előfordulhat, hogy a hőmérséklet változása a víztestben a sav-bázis egyensúlyt eltolja, és emiatt nem táplálkoznak, illetve más egyéb normális élettévékenységekkel is felhagynak. A halak példájánál maradva, ha az egész populáció

kipusztul, akkor a víztestben elszaporodnak azok az élőlények, amivel ők táplálkoztak, és ez eutrofizációhoz vezet. Abban az esetben pedig megváltozik a víz kémiai összetétele, valószínűsíthetően az algák és baktériumok elkezdenek nagymértékben elszaporodni, toxint termelni, illetve a növényzet benőve megváltoztatja a vízben oldott oxigén mennyiségét, valószínűsíthetően anoxikus vagy anaerob környezet létrehozva. Ez ahhoz vezet, hogy a halakon kívül más élőlények is kipusztulnak. Ez a levezetés jól szemlélteti, hogy nem csak azzal van probléma, ha a befogadóba engedett víz kémiai vagy bakteriologailag nem megfelelő minőségű, de a nagymértékű hőmérséklet-eltérés is drasztikus változást tud okozni. [35] Ehhez hasonló negatív effektus megfigyelhető a mezőgazdaságban is. A növényfajok többsége a természetes evolúció folyamán alkalmazkodott környezetéhez, és a biológiai óráját főképp a hőmérséklet befolyásolja. A növénytermesztésnél kirívó probléma, ha az elvetett magok nem csíráznak ki, vagy a nem megfelelő időben és helyen lehullott csapadék miatt kirothad vagy kiszárad a növény, illetve a juvenilis időszakában olyan hideg vagy meleg hatás éri, ami miatt elpusztul még a termés hozam elérése előtt. Ez az élelmiszer-ellátásra nagyon kedvezőtlenül hat, ami kihat a gazdaságra és végül az egész ország GDP-jére is.



6. ábra: A mezőgazdasági vízhasználat alakulása Magyarországon 2000-2020 között [36]

A 6. ábra azt szemlélteti, hogy milyen volt a mezőgazdasági vízhasználat az adott évek időszakában, hazánkban. Ami rögtön szembetűnik, az az egyenletlenség, és az egymást követő

években is a hatalmas különbség. Például 2003-ban, 2011-ben és 2015-ben a lehullott csapadék mennyisége, valamint a hektáronkénti átlagos vízhasználat majdnem ugyanolyan mértékű volt. Azonban a 2005-ös évben a magas csapadékmennyiség miatt az átlagos hektáronkénti vízhasználat jóval alacsonyabb volt. Ugyanakkor 2013-ban a relatíve magas lehulló csapadékmennyiség ellenére is nagyon magas volt a hektáronkénti átlagos vízhasználat értéke.

Ennek sokféle magyarázata lehet, és egy szakszerű elemzéshez a meteorológiai adatokat, valamint az adott területeken termesztett növényeket, azok tenyészidőszakát, a talajtípust, a lehulló csapadékot és sok egyéb tényezőt kellene figyelembe venni, hogy pontos képet kaphassunk a helyzetről. Feltételezhető, hogy elsődlegesen a lehulló csapadékmennyiséghez igazítják a szükséges öntözővíz mennyiségét. A szélsőséges időjárás szélsőséges csapadékmennyiségeket okoz, mely a mezőgazdaság által felhasznált vízmennyiségen is meglátszik.

A klímaváltozás tehát az árvizek sűrűsödését, szélsőséges időjárási körülményeket generál, melyekkel a vízgazdálkodásnak is szükséges szembenéznie. A változó körülményekkel az árvízvédekezéshez kirendelt katasztrófavédelemnek, a vízügyi szakembereknek és még a szennyvíztisztító telepek üzemeltetőinek is számolniuk kell. A megemelkedett, magasabb vízállású csapadékszint magasabb vízállást jelent a folyóknál, és nagyobb beérkező vízmennyiséget a szennyvíztisztító telepek számára. [33]

Az időjárási anomáliák miatt megváltozott környezeti viszonyok sokféle negatív változást okoznak az élővilágban. Az egyszerre lezúduló csapadék, ami más helyen esik le, az El nino nevet kapta, és a világ egyes részein nagy károkat okozott már. Hasonló jelenség hazánkban is előfordult már, például a májusi havazás, novemberben kánikulai időszak, vagy augusztusi 40 °C feletti hőség után hirtelen 20 °C hőmérséklet alá süllyedés reprezentálják a problémát. A szélsőséges időjárási körülmény a mezőgazdaság számára rengeteg többletköltséget okoz, főképp áradások esetén a vízelvezetés, és szárazságban a vízpótlás miatt. [37]

A felsorolt problémákon kívül a víztermelést és a vízellátást a lakosság számára olyankor is biztosítani szükséges, amikor a körülmények nem optimálisak. [18] Az ivóvízbázisra az Európai Unió elvárásoknak megfelelően hazánkban is készítenek vízbiztonsági terveket, melyek megléte garantálja, hogy a megváltozott körülmények esetén is felkészülten tudják ellátni a vízszolgáltatást az érintett közmű szervezetek. [38] Fontos az előrelátás, azaz a tervezés és kockázatelemzés az üzemfolytonosság biztosításához, illetve a lokális sajátosságoknak megfelelő technológiai és biztonsági lépések betartásával a katasztrófa súlyosbítása elkerülhető. [39] A katasztrófa sújtotta területeken a fertőtlenítési lépések a

kiöntött területen és a víztermelő kutaknál kötelező a veszély elvonultát követően, mivel a megemelkedett víz az elárasztott területeken járványokat, fertőzéseket okozhat. Még akkor is szükséges, ha csak rövid ideig volt vízborítás alatt a terület, ugyanis például az *Escherichia coli* generációs ideje ugyan 20 perc, de pár óra leforgása alatt egy telepképző egységből akár millió is képződhet. Azonban biológiai veszélynek lehet tekinteni a környezet számára mindazon egységeket, melyek az élő szervezet immunrendszerét legyengítik, a szervezetet megbetegítik, vagy elpusztítják. [40] A fertőtlenítésre fel kell készülnie az azt elvégző szakembereknek is, mivel ők közvetlenül ki lesznek téve a kontaminációnak, ezért számukra a fertőtlenítési és csíramentesítési folyamatokat szabályozó előírások fokozottabban érvényesek. A védőfelszerelést és egyéb munkaeszközöket számukra biztosítani kötelező. Továbbá a megfelelő oltásokkal és egészségügyi alkalmassággal kell rendelkezniük, továbbá a védőfelszereléseket megfelelően kell tudniuk használni, és a munkafolyamatokat is megfelelően el kell tudniuk látni. A fertőtlenítési folyamat során először a területet be kell határolni, majd a beavatkozás pontos lépéseit kell meghatározni. Ezt követően megkezdődhet a fertőtlenítés, melynek célja a kórokozó patogének elpusztítása. [41]

Árvíz esetén a fertőtlenítés kiterjed a termelésből kivont parti szűrésű kutakra, mivel a nyersvíz esetleges bekerülése a vízellátó rendszer folyamatába akár az egész rendszer elfertőződését okozhatná. Ez nagyon magas többletköltséget jelentene, valamint a működés olyan fokú megroppanását, mely inkább elkerülendő egy fertőtlenítési lépéssel. Ebből adódóan, ha feltárnak bármiféle anomáliát egy kúton, kútcsoporton vagy kútsoron, akkor lekapcsolják a rendszerről, és ürítőre járatják. Erre utaló jel lehet például az alga felszaporodása a kutak környékén vagy a kútban. A tényleges beazonosítás, illetve a fajmeghatározás sok időt igényelne, ezért már a beazonosítás előtt is megkezdik a fertőtlenítési folyamatokat. Az algák megjelenése egy olyan indikátorjelenség a kutaknál, amely arra utal, hogy egyéb mikrobiológiai problémák is fennállnak annál a kútnál, és a havária helyzet orvoslására mindenképp szükség van fertőtlenítésre. A rutin eljárás szerint klórt adagolnak a kutakba, és eközben üresre járatják, majd az érintett szakaszt átmosatják. [42]

A lakosság számára nyújtott egészségügyi intézkedések az árvíz idején nagyon szükségesek. Mivel az áradás során sokféle antropogén eredetű ismeretlen anyag mosódhat a folyóba, tavakba, amik kiönthetnek, és az utcákon álló vizek fertőzésveszélye ilyenkor magas. Továbbá az áradás következtében egyrészt pszichés jellegű stressz is kialakul a megváltozott élettér miatt, amely az embereket és az állatokat egyaránt érinti. Fontos a lakossági tájékoztatás, illetve kimenekítés esetén a segítségnyújtás, alternatív szálláshelyek nyújtása,

ideiglenes ellátás, valamint az olyan veszélyek elhárítása, mint például az áramütés vagy vízbefúlás. [41]

Az árvizek során vidéken az emésztőgödrök megtelnek vízzel, és az azokból kimosódó szennyeződések nagymértékű fertőzést okozhatnak. Továbbá az árvíz csillapodása után elszaporodhatnak a rágcsálók és egyéb fertőzést terjesztő élőlények (legyek, csótányok, stb). Az élelmiszereket fokozottabb ellenőrzés mellett szükséges hőkezeltetni, megfelelően csomagolni és tárolni. Árvízveszélyes időszakokban tilos kútvizet fogyasztani, valamint a folyóban fürödni. A lakosság tájékoztatása a közhangulat romlását csillapítja, valamint a folyamatos információnyújtás pszichológiailag elviselhetőbbé teszi az árvíz okozta másodlagos nehézségeket, mint például a közlekedés lassulását, az egészségügyi ellátás akadózását. Kiemelt figyelmet kell fordítani veszélyhelyzet esetén a beteg, illetve idős emberekre, a várandósokra, valamint a gyerekekre. A Covid-19 járvány ideje alatt a fokozott higiéniai útmutató egyik kulcsfontosságú eleme a megfelelő kézmosás volt, mely az árvizek idején is nagyon fontos. Amennyiben megfelelő minőségű víz nem áll rendelkezésre, az alkoholos fertőtlenítő szer, illetve a nedves törlőkendő is használható. [43]

1.3.6. A vízfogyasztói szektorok és a tipikus szennyezési formák

A vízfelhasználói szektorok legnagyobb egységei a mezőgazdaság, az ipar, és a lakosság. A szektorokon belül a tevékenységi körükből kifolyólag sokféle kémiai szennyező forrást be lehet azonosítani. A kárelhárítás során ez egy kiindulópont lehet, és pont a tevékenység ismeretének köszönhetően lehet hatékonyan és szakszerűen fellépni a szennyeződésekkel szemben. A vízfelhasználói szektorok bemutatása során olyan vízszenyező példákat mutatok be, amelyekre a kárelhárítási intézkedések megtörténtek, és a szakszerű kárfelszámolási folyamat lépéseit ismertetem.

Mezőgazdaság:

Az agrárszektorban a két fő terület az állattenyésztés és a növénytermesztés. A precízebb meghatározástól eltekintve kijelenthető, hogy mindkét tevékenységi típus nagy területi igényvel rendelkezik, valamint nagy a vízigénye is. Továbbá fontos kiemelni, hogy a vízigényen kívül, a tevékenységből adódóan nagy a vizekre gyakorolt hatásuk is. Gondolhatunk itt a műtrágyákra, mely a vizekbe szivárognak, de akár az állattartó telepekről származó állati ürülékekre is. A mezőgazdasági tevékenység környezetre gyakorolt hatása miatt is fontos foglalkozni az agrárszektorral.

A növénytermesztés során szerencsés olyan helyen kialakítani a termesztést, ahol megfelelő mennyiségű elérhető vízkészlet van. Ilyen lehet például egy felszíni folyó vagy tó.



7. ábra: Öntözött területek számának alakulása Magyarországon. Forrás: [36]

A 7. ábrán látható az öntözött területek aránya, valamint a vízjogi engedéllyel rendelkező területek számának alakulása. Mivel az aszályos időszakok egyre jellemzőbbek hazánkra is, ezért fontos lenne az öntözött területek számának a növelése. A ténylegesen öntözött területek száma 23 évvel ezelőtt 125,3 hektár volt, ez a szám 2020-ban már csak 119,3 hektár. A diagramon a az öntözésre engedélyezett, valamint a ténylegesen öntözött területek egyszerre mozognak, azonban a 20 éves ciklust megfigyelve 4,7%-os csökkenés determinálható. Mindehhez az ariditási index növekedését hozzávéve kijelenthető, hogy szükség van a területek öntözésére. E nélkül a szántóföldek kiszáradnak, a vízkészletek a talajban nem töltődnek fel, hovatovább a közepes és nagy vízigényű növények nem teremnek meg.

Azonban a vízkészleteket bölcsen kell felhasználni, és az öntözés mértékét megfelelően kell meghatározni. A Duna-Tisza közén megfigyelték, hogy mekkora süllyedés következett be a talajban az utóbbi másfél évszázad alatt. Ez a talajszint csökkenési jelenség főképp a városi csatornahálózat kiépítése és az urbanizáció kiterjedése következtében zajlott le. Ezt a területet nem szövik át semmiféle folyók, patakok, vagy egyéb vízfolyások, valamint a folyószabályozások miatt már az árasztásos technikát sem alkalmazzák. Így a felszín alatti vízkészletek sem töltődnek újra olyan ütemben, mint ahogy a vízhasználat során a vízkivételezés történik. A víz utánpótlódásának csökkenése tehát talajszint csökkenéséhez is vezet. Mindemellett a talaj tápanyag-ellátottsága is csökken, és ezért a tápanyagok

utánpótlását csak mesterséges úton, műtrágyával, szerves trágyával, istállótrágyával lehet elsősorban megoldani. A tápanyag utánpótlás legfontosabb tényezője, hogy a talajban lévő tápanyagok, valamint a kijuttatni kívánt tápanyagok összessége érje el azt a minimum szintet, ami a természeti kívánt növény számára szükséges. A trágyákra a legtöbbször az NPK betűjeleket írják, ami a nitrogén, foszfor és káliumra utal, ami a leginkább limitálja a talaj termőképességét is. Ezek kijuttatása a nitrátérzékeny területeken (valamint a környékükön) azért is érzékeny, mert a rájuk vonatkozó törvényi előírásoknak meg kell felelni. Ez mind részletesen és egyértelműen szabályozva van, hogy az adott helyen lehet-e mezőgazdasági tevékenységet végezni, és amennyiben igen, milyen kategóriába esik a terület. Ha az adott termőföldön lehet mezőgazdasági tevékenységet folytatni, a tápanyagpótlás mennyiségét és a kijuttatási módot nagyon precízen meg kell tervezni az időjárási körülményeknek és a növény érési szakaszának függvényében, és a törvényi előírásokat is szigorúan be kell tartani. Ha túl sok tápanyagot juttat ki a mezőgazda, akkor az a mennyiség nem a termésátlagot fogja javítani, hanem a növények által fel nem használt felesleg a talajba, valamint a vizekbe kerül. Ez pedig a vizekben feldúsulva eutrofizációhoz vezet.

Az állattenyésztés során az itatás, a mosás, takarítás során használnak fel az üzemben nagyobb mennyiségben vizet. Továbbá az állattartáshoz kapcsolódóan meg lehet említeni még a halászatot is, mely tevékenység a halak igényétől függően speciális kialakítást igényel. Magától értetődő, hogy a haltenyésztés a vízi környezet biztosítása miatt kifejezetten vízigenyes tevékenységi kategória. Az istálló állatok tartásánál a vízfelhasználás, az elhasznált (szennyeződött) víznek az elvezetése, valamint az állati ürülék és a bélsár elvezetéséhez a megfelelő, szivárgásmentes aljzat kiépítése szükséges, valamint annak biztosítása, hogy az állati ürülék és a vizelet ne szivároгjon a talajba, mert az ammóniatartalom, valamint a bakteriális fertőzés veszélye a talajban és a felszín alatti vízkészletben is megjelenhet. Feldúsulva pedig olyan hosszú távú szennyeződést jelent, ami költséges és sok időbe kerülő kármentesítési technológiával oldható meg. A vízkészletbe kerülése egy nitrátérzékeny területen, vagy egy karsztvíz alapú vízbázisnál súlyos veszélyeket okoz. Például a karsztvíz esetében akár néhány óra leforgása alatt a hálózaton keresztül a fogyasztóhoz kerülhet a szennyeződés.

Ez azért is nagyon veszélyes, mert a nitrit az emberi szervezetben oxigénhiányos állapotot alakíthat ki. Ennek tünetei lehetnek az álmoság, bágyadtság, koncentrációs zavarok, de akár a szellemi és fizikai teljesítőképesség csökkenése. A szervezetben az oxigént a hemoglobin szállítja, mely a funkcióját nem tudja ellátni, ha az oxigén helyett nitrit vagy annak származéka kapcsolódik a komplex ionhoz. Ez csecsemőknél akár bölcsőhalált is tud okozni.

Fontos tudni róla, hogy a nitrit, nitrát nem távolítható el forralással a vízből, és a fiatal szervezet számára kritikusan veszélyes a nitrit, illetve nitrát tartalmú víz fogyasztása.

Az EU Tanácsának 91/676/EGK vízbázisok védelméről szóló irányelve a vizek mezőgazdasági eredetű, nitrátszennyezéssel szembeni védelméről szól. Ez a doktrína kifejti, hogy szükséges a mezőgazdasági eredetű nitrátok által okozott vízszennyezés csökkentése, mely betartása érdekében intézkedéseket kell tenni, és szabályozásokat szükséges beiktatni. Mindezek előíranyozzák a nitrogénvegyületek gyakorlatban is megvalósuló csökkentését, illetve az ésszerű, és csak a szükséges mennyiségű kijuttatását a termőföldekre. Ezáltal nemcsak a vízbázis védelem, de a helyes talajgazdálkodási gyakorlat is megvalósul.

A vizekben, ha feldúsul a tápanyag, eutrofizációs folyamatok mennek végbe. Az aerob környezet a felszíni borítottság miatt anoxikussá vagy anaerobbá válik a felszín alatti vízrétegekben. Mindezt okozhatja a foszfor- és nitrogéntartalmú vegyületek. Az algák megjelenése és elszaporodása a vízellátás számára is rengeteg problémát tud okozni. Az öntözőrendszerek csöveiben például dugulást okozhat, de a nagymértékű szervesanyag a bakteriális fertőzések miatt nem alkalmas például az olyan leveles növények felületi öntözésére, mint például a saláta, spenót, stb. Maximum a talajfelszíni öntözés valósítható meg, amikor is nem közvetlenül a növényre kerül a kilocsolt vízmennyiség, hanem a talajba, illetve maximum a növény töve és gyökere közötti szakaszra. Az algák megjelenése közül a burokkal rendelkeznek, illetve a biofilmet képzők a leginkább gondot jelentőek. Ugyanis ezen algák a szűrőrendszert eltömítik, és a már tisztított vízbe kerülve a vizet zavarossá tehetik. A víznek ezen kívül kellemetlen ízt kölcsönöznek, és bizonyos algafajok, mint például a kékalgák, toxinokat termelnek. Továbbá az elpusztult algák a csövekben, a víztartó edényzet aljában, falán lerakódhat. Továbbá, ha az ammóniumion is jelen van a rendszerben, akkor a klórozás hatékonyságát csökkenti a monoklór-amin képződése.

Az eutrofizáció jelenségét kezelni szükséges, melyre többféle megoldás is lehetséges. Az elsődleges megoldás, hogy maga a szervesanyag tartalom ne kerüljön a vizekbe. Ennek a megelőzés a legjobb eszköze. Amennyiben folyamatos szennyezés került a víztestbe, akkor a szennyező forrás megszüntetése a megoldás. Továbbá, ha már a szennyező forrás a továbbiakban nem szennyezi tovább a vízkészletet, akkor fenékkotrással lehet eltávolítani a mederfenékről a felesleges tápanyag mennyiségét, illetve a túlbujánzott növényzetet is. Azonban a növényzet eltávolítása előtt fontos ismerni a víz ökoszisztémáját, és megfelelő körültekintéssel csak azokat a növényeket szükséges eltávolítani, amelyek eredetileg nem tartoztak a vízi élet ökoszisztémájához. Mindezeket követően lehet használni herbicid, illetve algicid szereket is a víz tárolására szolgáló tartályokban. Ezt a közvetlen víztestben nem

érdeemes használni, mivel a vízi élővilágot beláthatatlan módon károsíthatja. További megoldás lehet még a levegőztetés, ami a vízi környezet számára az eredeti aerogén környezetet biztosíthatja. Ez a technológia megfelelő felszerelést igényel, és üzemeltetése igen költséges. Emiatt nem jellemző, hogy alkalmazzák az eutrofizálódott tavaknál.

Ipar: Az ipari tevékenységek köre rendkívül szerteágazó. Különböző csoportokat lehet létrehozni, és azon belül is különböző alcsoportokat. A 2. táblázat szemlélteti a különböző típusú iparágakat, és néhány példát felsorol a kategórián belül tipikusan előforduló szennyezőanyag-kibocsátásra.

IPARÁGAK	Szennyeződés típusa
<i>kohászat</i>	Hőszennyezés, lebegőanyag-szennyezés, kenőanyagok, kémiai anyagok.
<i>bányászat</i>	ásványi sók: szénzemesék, föld- és meddőkőzet darabok, huminsavak, Na-, Ca-, Mg-sók.
<i>gépipar</i>	Változatos szennyeződések, legjellemzőbb a felületkezelésnél jelentkező lúgos, savas és ciántartalmú szennyvíz, mely mérgező, illetve korrozív lehet.
<i>vegyipar</i>	Változatos szennyeződések, szerves oldatok, szuszpenziók, szerves kémiai anyagok. Veszélyes a szín-,szag-, ízártalom, mérgek, az akkumuláció és a nem elbomló szennyezők.
<i>könnyűipar</i> (Pl: bőr-, szőrme-, cipőipar, nyomdaipar, kézmű és háziipar, papíripar, stb.)	Magas szervesanyag-tartalmú szennyvizek, melyek cukrokat, zsírokat, pektin anyagokat, szerves savakat, sokféle és nagymennyiségű kolloid oldatot, rost és sejtmaradványokat, mosó-, lúg és savmaradékokat, pác- és festékanyagokat tartalmazhatnak.
<i>élelmiszeripar</i> (Pl: tejipar, tartósítóipar, malomipar, cukoripar, édesipar, szesz- és keményítőipar, stb)	Hőszennyezés, savószennyezés. A mosó és úsztatóvizek sok lebegőanyagot, homokot, földet, héjat tartalmaznak a zöldség- és gyümölcsfeldolgozás során, illetve a szennyvízben növényi szénhidrátok és fehérjék fordulnak elő. Az állati feldolgozás során nagymennyiségű vér, és állati fehérje, valamint zsírszennyezés fordul elő a szőr, hús és béldarabkák, köröm toll, gyomor és béltartalomból származó szennyeződések miatt. Igen magas a bakteriális fertőzés veszélye.

2. táblázat: Iparágak és a jellemző szennyezéseik felsorolása. Forrás: [44]

Amint az a felsorolásból is látszik, az ipari tevékenység a tevékenységi körtől függően eltérő mennyiségű és mértékű kémiai, fizikai, illetve biológiai szennyeződést juttathat a környezetbe. A környezetmódosító hatás akkor is létrejöhet, ha az adott ipar az összes környezetvédelmi előírást betartotta, ugyanis "az anyag nem vész el, csak átalakul" anyag-megmaradási elv alapján a termelés során keletkezett melléktermékek, érintkezésbe kerülhet a felhasznált vízzel, levegővel, esetlegesen a talajjal is. Azonban jellemző, hogy a környezetszennyező

tevékenység valamely előírás be nem tartásából következő nem-megfelelőség következménye. A kémiai hatás a különböző anyagok kibocsátása. A fizikai hatás hőszennyezés vagy hőterhelés lehet, illetve akár a radioaktív sugárzás is előfordulhat.

Az ipari tevékenység során, ha a vízkivételezés nem megfelelő, akkor már azzal nagyfokú szennyezést lehet a vízadó rétegbe juttatni, ha például fűnek egy kutat, és nincs megfelelően bélelve. További példák a nem megfelelően kezelt hulladékok, a nem megfelelő szennyvízelvezetés lehet, illetve a nem megfelelően tárolt vegyszerek is lehetnek akár. [45]

Szarvasi szennyvízleürítő: Szarvas városában még 1967-ben létrehoztak egy szennyvízleürítőt. Ekkoriban a szennyvízelvezetés és a csatornázottság mértéke sokkal alacsonyabb volt az egész vármegyében. Ennél a szennyvízleürítőnél elméletben csak a városi és a környéki lakossági szennyvizet lehetett volna csak leüríteni. A kijelölt területet kerítéssel körbevették, és a kerítés az idők folyamán tönkrement. Azonban mivel nem történt ellenőrzés, több különböző iparágból származó szennyvizet is ide hordtak. Mivel az egyik vállalat évente már jelentős mennyiségű, nagyjából évi 5000 m³ mennyiségű galvanizált iszapot és egyéb galvániszennyezett vizet hordott ki 1971-1984 között, ezért környezetvédelmi bírságot szabtak ki az adott vállalatra. A galvániszap, valamint a galvániszennyezett víz veszélyes hulladéknak minősül, és ez volt a bírságolás fő alapja. A helyi önkormányzat felkért egy kutatócsoportot, hogy vegyen mintát az adott területen. Ennek folyamán megállapították, hogy a talaj erősen nehézfémekkel szennyezett. Szerencsére a talaj vízzáró rétege megfelelően elszigetelte a vízadó réteget. Azonban a talajban a szennyező ipari szennyvíziszap tartalom miatt - mely lényegében 40-50 tonnányi toxikus nehézfémeket jelentett évente - a talaj nehézfém-tartalma drasztikusan magas volt. Azonban amikor a talajvizet vizsgálták, az csak minimálisan volt nehézfémekkel szennyezett a talajból vett minták nehézfém-tartalmához képest. A méréseket követően 0,7 méteren a talajtestet in situ cserélni volt szükséges. A területről összességében 600 m³ galvániszapot és 400 m³ talajtestet kellett eltávolítani, illetve tiszta földdel feltölteni a területet. Mindezek elszállítása 2008-ban valósult meg. Ezt követően a feltöltés már a 2009-es évben megvalósulhatott. [46]

Az eset tanulsága, hogy a helyes kezelési eljárás esetében a vizet, valamint a keletkező szennyvíziszapot már helyben, a termelés során szükséges kezelni. A galvanizáló sor működése szerint több szakaszból áll. A mosó és galvanizáló medencékből távozó vizet egy aknában gyűjtik, majd automata szivattyúval feladják egy reaktorba, ahol vegyszeres kezelés

után ülepités történik. A vegyszeres kezelés történhet vasas koagulálószerrel ², azután a pH-t beállítják, és polimer adagolással flokkulálják ³ a lebegő anyagot. A fázisszétválasztás után a tiszta fázist dekantálják ⁴, a dekantvizet pedig homokszűrővel szűrik. Majd következhet a többlépcsős szűrési fázis, ahol a fordított ozmózis ⁵ rendszerrel tisztítják a vizet. A kétlépcsős reverz ozmózis azt jelenti, hogy az első reverz ozmózis koncentrátumát egy következő reverz ozmózissal tovább sűrítik, több lépésen keresztül. A folyamat során keletkezett iszapfázist egy iszapsűrítő tartályba szivattyúzzák, majd egy kamrás kialakítású szűrőpréssel sűrítik. A keletkezett préselt iszapot ezt követően elszállítják. A préselésnél keletkezett csurgalékvizet összekeverik azzal a nyersvízzel, mely a galvánsorról érkezik, ahonnan származnak olyan hulladékvizek, melyek minősége van annyira megfelelő, hogy egy aktív szenes szűrő kation-anioncserélővel kombináltan átszűrve alkalmassá teszi arra, hogy visszavezessék a termelésbe. Amennyiben megfelelő eljárással kezelik a vizeket, a nehézfémek nem kerülnek ki a környezetbe. [47]

Békéscsabai ruhatisztító üzem: Az ipari szennyezések típusára egy másik példa, mely szintén Békés vármegyében történt esetet taglal, egy, a békéscsabai Vandhádi úton üzemeltetett ruhatisztító üzem esete. Az említett üzemnél a ruhák tisztításhoz tetraklór-etilént és triklór-etilént használtak. A működési folyamat közben nagyrészt újra felhasználták a klórozott szénhidrogéneket a telephelyen desztillációs eljárással. A megmaradt kb 20 %-át a vegyületeknek felitatták kovaföldben, melyből persár keletkezett. Ezt a persárt fóliazsákokba helyezték, melyeket zárt csomagolásban, zárt raktárakba helyezték el. Mivel idővel nem fért a raktárba több zsák, ezért a további keletkező persáros kovaföldet a fóliazsákokkal együtt az udvaron tárolták, vagy hordókba tették, és azt is az udvaron hagyták. Ez nagyjából 900 tonnát jelentett, amit a z udvaron helyeztek el. A fóliazsákok elkezdtek kiszakadni, valamint a hordók is kilyukadtak, aminek következtében a persár érintkezett a talajjal, és a kontaminációs folyamatok következtében a szennyeződés bekerült a talaj vízáadó rétegébe is. Ennek a területnek a mentesítési munkálatait az OKKP ⁶ 1995-ben felvette a mentesítési

² Koagulálás az a folyamat, amikor a kolloid oldatból annak egy része kicsapódik. A koagulálószer az az anyag, ami ezt a folyamatot létrehozza, segíti.

³ A flokkuláció jelentése: pelyhesítés.

⁴ Kémiai reakcióban keletkezett csapadék elválasztása az oldott anyagtól. Ülepedés után a folyadékot leöntik, majd a csapadékot vízzel összerázzák, és ismét ülepitik. Helyettesíti a szűrést, de anyagvesztéssel jár, vízfogyasztása nagy.

⁵ Olyan féligáteresztő szűrőrendszer a fordított ozmózis, mely a folyadékból csak az oldószert engedi át. A szűrés során egyfajta nyomás keletkezik a rendszerben. A nyomás növelésével a szűrőhatás oly módon valósul meg, hogy a féligáteresztő membrán a vizet átereszt, de a szerves és szervesetlen szennyezőket kiszűri, amik a koncentrátumban dúsulnak.

⁶ Országos Környezeti Kármentesítési Program

feladatai közé. [48] A kárfelszámolás érdekében 1119 tonna persárt vittek el a helyszínről, 19 tonna szennyezett göngyöleget, 28 tonna szennyezett talajt, valamint 18 m³ szennyezett mosóvizet szállítottak el a helyszínről, hogy ex situ megtisztítsák. A területen monitoring kutakat hoztak létre, és helyszíni talajtisztítást végeztek. További 11 monitoring kútnál kémiai ellenőrző méréseket végeztek a víztest kémiai paramétereinek megfigyelése céljából.

Egy szádfal lemezt⁷ húztak fel, és víztelenítették a területet. A projekt elején kiépített monitoring rendszert a projekt lezárultával is tovább folytatták megfigyelési céllal. [46]

Lakosság: A lakossági vízfelhasználás igen változatos lehet, ami miatt a szennyvíztelepre érkező hulladékvíz összetétele nem prognosztizálható olyan pontossággal, mint például az ipari hulladékvíz. Mivel régióként és településtípusonként is eltérhet a szennyvíz paramétere, valamint a felhasználói réteg környezettudatosságától is, ezért olyan jellegű általános összefoglalót nem lehet írni, mely biztosan meghatározza minden paraméterét. Azonban a szennyvíztisztító telepek a sokéves átlag, valamint a tapasztalatok alapján meg tudják határozni a körülbelüli mennyiségét a beérkező szennyvíznek, valamint a pelyhességre, illetve egyéb összesített fiziko-kémiai tulajdonságokra vonatkozó információkkal rendelkeznek.

Mivel a lakosság vízhasználói szokásai időszakosan változhatnak, de összességében hasonló tendenciát mutatnak egy-egy részlegen belül, ezért a szennyvíztisztító üzemek számára a kommunális szennyvíz tisztításának fokozatai meghatározhatók ezen tendenciák alapján.

Az egy főre jutó ivóvíz mennyisége még mindig jelentősen magasabb, mint az egy főre jutó szennyvíz mennyisége. Logikai úton levezetve ennek oka az lehet, hogy sokszor a vizet a kerti locsolásra, tisztításra (például gépjármű mosásra használják), főzésre, ivásra szánt víz mennyisége nem feltétlenül kerül vissza a hálózatba szennyvíz formájában.

A lakosság a kommunális szennyvízbe a lefolyón keresztül nagyon sokféle tisztítószer (lúgos és maró szerek), takarításból származó koszt, zsírt, olajat, esetleg konyhai emésztőrendszeren ledarált hulladékot juttathat a szennyvíztisztító telepre. Ezen kívül a tisztálkodásból származó különböző tenzides szereket is, melyek tartalmazhatnak mikroműanyagokat, illetve a fogkrémek fluortartalma, stb mind-mind megjelenik a szennyvíztisztító telepen mikromennyiségben. Mindezen szennyezéseket kezelni szükséges, mely kihívás elé állítja a csatornázási műveket mindenhol a világon.

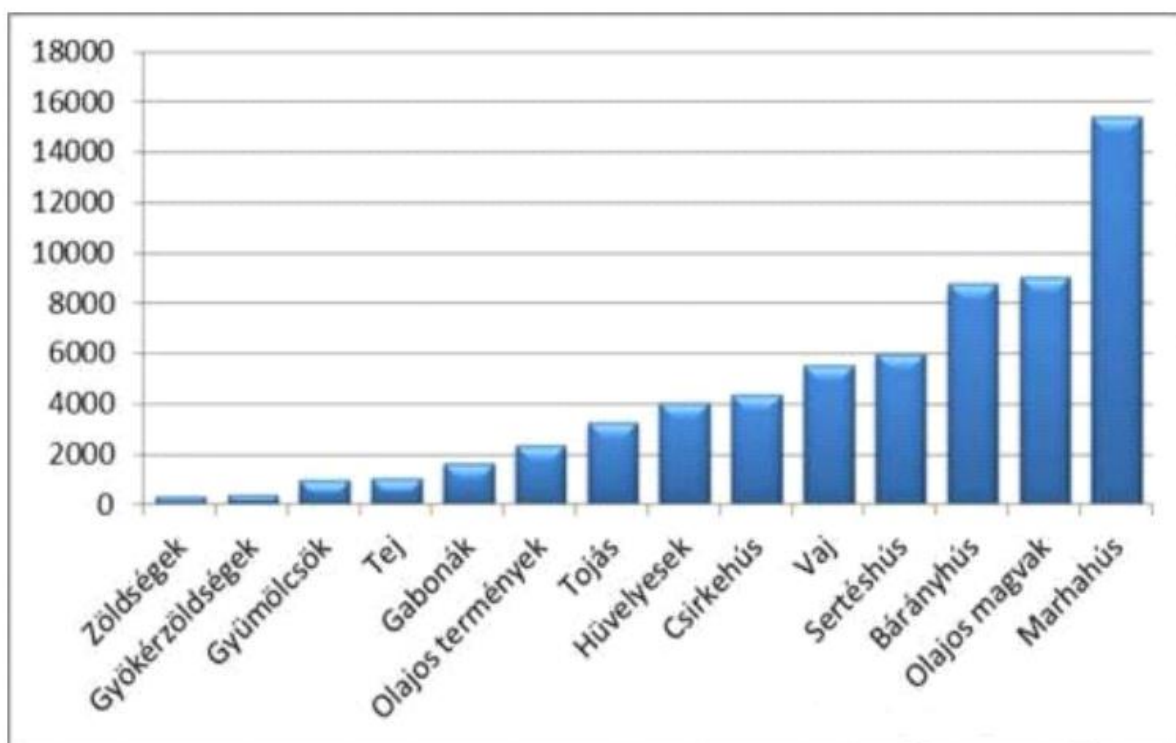
A vízfelhasználás gyakorlatilag együtt jár a vízszennyezéssel is, hiszen a legtöbb esetben a vizet tisztításra használja az összes vízfogyasztói szektor. Másodlagosan valamilyen termék előállításához szükséges összetevője, azaz bekerül a táplálékláncba. A felsorolt példák

⁷ A szádfal olyan földbe levert lemez, mely elkülöníti a tereket egymástól.

alapján könnyen belátható, hogy az ipar által okozott szennyeződések mellett a mezőgazdasági növénytermesztés és állattartás is vízszennyező veszélyforrás lehet, ugyanakkor a kommunális vízhasználat is jelentős szennyeződést juttathat a vízkészletekbe. [39]

1.3.7. A vízhasználat tendenciái és statisztikai elemzése

Az ipari termelés, valamint a jelenkori IT fejlődés sokféle elméletet alkotott. Alvin Toffler szerint [49] az emberiség több hullámon megy keresztül, és jelenleg a harmadik hullámot éljük. Ebben a szakaszban a fő mozgatórugója az emberiség interakcióinak a számítógép világa, és ez egy olyan modern, gépek által meghatározott civilizációs korszak, mely a mezőgazdasági és ipari társadalmak korszaka után a jelen kort meghatározza. Valószínűleg a Toffler által megalkotott elmélet az egyik legpozitívabb jövőkép, összehasonlítva például a Római Klub jelentésével, vagy más egyéb környezetvédelmi társulásokéval. Alvin Toffler elmélete szerint az emberiség számára, ha már megvannak a szükséges eszközök, és a tudás is a birtokunkban van, akkor annak a megoldása, hogy a legjobb technológiát válasszuk, már csak karnyújtásnyira van. Az ipari forradalom során a termelés felgyorsult, és az emberiség, valamint a piacgazdaság számára is megfelelő technológiák megalkotása lenne a cél, ami még a természetvédelmet is figyelembe veszi. A folyamatos termelési kényszer újabb és újabb típusú anyagok kombinációját alkotja meg, amely a mesterséges anyagok tömkelegét jelenti a bolygó számára. Sokféle olyan anyag került a környezetbe, melynek eleinte nem volt ismert a káros hatása. Ilyen például a DDT, melyet 1985-ben hazánk az elsők között tiltott be. Illetve a freon, mely ugyan az emberi szervezet számára nem káros, azonban a felsőbb légrétegekben az ózont elbontja, és így megszűnik a Föld káros UV-sugárzás elleni védelme. Egyes anyagok az adott termelési folyamat során szükségesek, azonban a környezetbe kikerülve rettentő káros tud lenni. Az ipari termelés során a legtöbb esetben a vizet mosásra, oldószerként, hűtő vagy fűtő közegként használják. [50]



8. ábra: A különböző élelmiszertípusok előállításához felhasznált víz mennyisége (liter/kg)
Forrás: [51]

A 8. ábra az agrárszektor vízfogyasztását ábrázolja. Ezen az ábrán jól látszik, hogy az egyes termékeknek mennyiben tér el az előállítása során felhasznált vízmennyiség. Míg 1 kg zöldség előállításához csupán néhány liter víz is elegendő, addig 1 kg marhahús előállítása több mint 15.000 liter vizet is igényelhet. Természetesen ennek a kalkulációnak a vízigény számításába beletartozik a szarvasmarha tenyésztése során elhasznált összes vízmennyiség is. Az emberi táplálkozás és a kialakult szokások nagymértékben determinálják a piaci keresletet és kínálatot, mellyel a termelés milyensége is befolyásolható. A növénytermesztés esetében a csapadék és a hőmérséklet a két limitáló tényező, míg az állattenyésztés számára sokkal több limitáló tényezőt lehet felsorolni. A növénytermesztés során az utóbbi évtizedekben elvárt tulajdonságok közé tartozik az, hogy olyan tűrőképességű növények legyenek beintegrálva a termesztésbe, melyek a klímaváltozáshoz is tudnak a lehető legnagyobb mértékben alkalmazkodni. Ennek kiváló eszköze a növénynemesítés. A vízkészletek és a talaj minőségének megóvása érdekében a tájnak megfelelő mezőgazdasági termény termesztése nemcsak a mezőgazdaság, de a tájmegőrzés szempontjából is fontos, valamint ezzel a megoldással van lehetőség az adott területen a talaj minőségének megóvására is, ami a vízkészletekre is hatással van közvetetten. [52] A növények nemesítése során a magok

kezelése ⁸ is segít a jobb termés volumen elérésében, ami az élelmiszertermelés folyamata során döntő jelentőségű tud lenni. Az élelmiszer termelése során a vízhasználat nagymértékű. A gyümölcsöt, zöldséget meg kell mosni, a húsokat kezelni kell, stb. Az ipari víz elvezetés nem a víznek a minőségére utal, hanem a vízfelhasználás helyére. Azaz az ipari vízhasználat az nagyon változatos lehet, azonban a felhasznált víz minden esetben elhasználódik, és emiatt kezelni, tisztítani szükséges, mielőtt a szennyvíztisztító telepre vagy a befogadóba kerülne. [50]

1.3.8. Fenntartható vízhasználat és a jövő feladatai

A fenntartható vízhasználat kérdésköre a vizek megfelelő eloszlásán, valamint azon alapszik, hogy a minőségének megfelelő minőségű víz legyen használva a különböző tevékenységek során. Ide tartozik a vizek többszöri felhasználása is, valamint a vízpazarlás kerülése is. A vizeket lehet kategorizálni zöld, kék és a szürke vízként [53], melyek azt a célt szolgálják, hogy például a WC tartályát ne ivóvízzel, hanem szürke vízzel használjuk, vagy pedig a tűzoltók az oltás során inkább ipari vizet használjanak. Ezen túlmenően, a csapadékvíz összegyűjtve a mezőgazdaság számára öntözésre alkalmas lehet akár a kisebb és nagyobb üzemi területeken egyaránt.

Másik kategorizálása a vizeknek a vízminőségi osztályok szerinti felosztása:

- I. Kiváló minőségű
- II. Jó minőségű
- III. Tűrhető minőségű
- IV. Szennyezett
- V. Erősen szennyezett víz.

Magyarországon az alternatív vízfelhasználás még nem annyira valósult meg, mint az Európai Unió egyes országaiban. A vizek tisztaság szerinti felosztása, valamint használhatósága megfelelő technológiai kiépítettséget is igényel. Valamint a vizek besorolása a különböző osztályokba csak laboratóriumi mérések segítségével valósítható meg. Természetesen vannak gyorsesztek és helyszíni mérőeszközök is, azonban azok hibahatára nem biztos, hogy a megfelelően precíz és pontos értéket adja. A vizek szétválasztása a lakosság, az ipar, de még a mezőgazdaság számára is fontos feladat lesz a jövőben a vízpazarlás csökkentésének érdekében.

⁸ Magkezelések típusai: csávázás; magkoptatás; drázsírozás, pillírozás (mely különböző rétegekkel való bevonatolást jelent, és ez a réteg tápanyagforrásként is szolgál a talajban a mag számára); hőkezelés; kalibrálás (méret alapján válogatás); előcsíráztatás; apró magvak keverése; papírra vagy szalagra való felragasztás.

Például öntözésre lehet használni az egyes szennyvizeket is (függ a természetű növénytől és a szennyezett víz, illetve szennyvíz minőségétől), valamint a tűzoltók számára lehetne létrehozni olyan víztöltő állomásokat, ahol a városi és vidéki oltás során is akár feltölthessék a tűzoltóautó vizes tartályát (a „fecskendőt”), és ez szürke vízzel történhessen, ne pedig a hálózati vízellátó rendszerből. [20] Valójában annak közgazdaságtani magyarázata is van, hogy jelenleg miért a hálózatról töltik fel a tűzoltóautó tartályát. Jelenleg ha például a hűtővizekkel szeretnék tölteni a tartályt, azt elsődlegesen be kell szerezni a különböző iparágaktól. Ezen felül, ha épp valahol tüzesetnél kiürül a tartály, már a visszafelé úton fel kell tölteni ismét, felkészülve egy esetleges tüzesetre felkészülve. A használt vizek beszerzése, valamint tárolása olyan logisztikai és kivitelezési technológiát követel, mely jelenleg még nem áll rendelkezésre.

A vízfelületek a környezetben hűtő és fűtő funkciót is ellátnak, amivel a párolgási és hőleadási viszonyokat is szabályozzák. Ezt a rendszert a klímaváltozás folyamatosan módosítja. Például az El nino jelenség által a nem megszokott helyen lehulló nagymértékű csapadék azon a területen árvizet okoz, ahol nem számítanak a mennyiségével. Továbbá, ahová pedig determinálva le kellett volna hullania, ott vízhiány alakul ki. Ebből adódóan a hőmérsékletet is eltolja, ami kiugróan magas száraz, illetve hideg időjárást okoz. Alapvetően a Föld hőelnyelő képessége nagyobb, mint a hőmérsékletet visszasugárzó képessége. Ez okozza az óceánok lassú, de fokozatos felmelegedését is.

A klímaváltozás hatásaival kénytelenek a vízügyi szakemberek számolni. A jövő megoldandó feladatai között továbbá a vízháztartások optimalizálása, valamint a vízgazdálkodás és vízügy összehangolása is fontos kérdéskör. Jelenleg a közműhálózatok kiépítésének elve még a rendszerváltás előtti időszakokban kalkulált vízigény számításokon alapszik. Akkoriban úgy gondolták, hogy a lakosság és az ipar is folyamatosan növekvő vízigénye lineárisan növekedni fog. Erre alapultak a hálózattervezési számítások. Azonban a fenntartható fejlődés, valamint a technológiai modernizáció által a lakossági vízfelhasználás lelassult. Tudatosabb vízfogyasztókká vált a magyar lakosság is, valamint olyan energia- és víztakarékos berendezések jelentek meg, melyeknek köszönhetően mára már a vízfogyasztási tendencia nem növekszik a lakosság körében, hanem stagnált, illetve jelenleg negatív tendenciát mutat. A vízhálózatok túlméretezettek, azaz sokkal nagyobb vízfogyasztásra lett a hálózat tervezve. Ennek az a következménye, hogy gazdaságilag és biztonsági okokból nem tervezik kisebbre a hálózatot, és emiatt a hálózatban pangó víz is szokott lenni, leginkább a végponti szakaszokon. Erre megoldás a hálózatból a víz leengedése, valamint a mosatás. [54]

A jövőbeli feladatok közé sorolandó az árvízi védekezések, valamint az ártér veszélyeztetettségének csökkentése. Magyarországon a folyószabályozást követő időszakokban az elárasztásos, elöntéses módszer megszűnt, a vízmennyiség gyorsabban zúdult le, valamint az árvízvédelmi rendszer fenntartása, illetve javítása költséges. Az eredetileg elárasztásos módszer a megemelkedett vízállás idején úgy valósult meg, hogy a környező területeket vízzel elárasztották. A kiöntéses területeken mezőgazdasági és halászati technikák alakultak ki, melyek a folyószabályozást követően megszűntek. Továbbá, a folyó által lerakott hordalék sem pótolta a talaj tápanyagkészletét. [55]

A vízgazdálkodás számára, akár csak a többi ágazatban, különböző tendenciák figyelhetőek meg, melyeket a klímaváltozás alapjaiban képes megváltoztatni. A jövő szakemberei számára a mezőgazdasági növénytermesztésben a növénynevelés során a minél jobban alkalmazkodó növényfajok integrálása a termesztésbe a cél. Ugyanez igaz az állattenyésztésre is, azaz a leginkább ellenálló fajok tenyésztése, kinemesítése a megoldás a szélsőséges időjárási viszonyokkal szemben.

A vízgazdálkodás a tájépítészet számára a lakott, illetve kevésbé lakott területeken a zöldfelületek és a vízfelületek kialakításával tudja a mikroklímát javítani. Ez ugyanis nem csak esztétikailag és egészségügyileg teremt kellemesebb környezetet, de a párolgás, valamint a vizes élettér a hőszigeteket városon belül képesek csökkenteni. A meleg napokon a klimatikus viszonyok így javíthatóak, valamint az egyes rekreációs és sportolásra alkalmas lehetőségek is megteremthetők művi úton is.

1.4. A vízellátás, mint a kritikus infrastruktúra eleme

A vízi közmű által nyújtott vízellátási és csatornázási szolgáltatás a közszolgáltatások egyike. Magától értetődő, hogy a vízellátásnak minden esetben elérhetőnek kell lennie a lakosság számára, mivel annak hiánya emberéleteket veszélyeztethet. Emiatt az ellátási lánc folytonosságát minden körülmények között biztosítani kell. A vízellátás a kritikus infrastruktúrák között szerepel, mint létfontosságú létesítmény, és a vízmű tulajdonában lévő objektumok nem mindig a vízművek fennhatósága alá tartoznak. Emiatt a védelmi intézkedések és az eljárási jogkörök speciális kialakítást igényelnek. A disszertáció ezen részében csak a vízgazdálkodásra vonatkozó védelmi kialakításokat emelem ki, valamint az ehhez szükséges biztonsági szempontokat sorolom fel. Fontos megemlíteni az objektumvédelmet is, melyet a vízbiztonsági tervezés során a vízellátásban dolgozó szakemberek tapasztalatai alapján bele kell építeni a tervezési folyamatba. Továbbá, a

vízellátás, mint kritikus infrastruktúra magában foglalja a vízbiztonság minőségi elemeit, a szennyvízelvezetést, valamint mindezek jogszabályi háttérét is. [56]

1.4.1. A vízbiztonság és vízvédelem

A magyar nyelvben egyetlen szó fejezi ki az angol “water safety” és a “water security” szavakat. Magyarul mindkettőre ugyanaz a terminus, azaz vízbiztonság. A magyarhoz hasonlóan a német “Wassersicherheit” kifejezés szintén mind a két angol kifejezést jelenti egyszerre. A magyar értelmezés alapján a vízbiztonság gyakorlatilag három részre bontható:

- **Vízminőség:** laboratóriumi mérések támasztják alá a vízminőséget.
- **Vízmenyiség:** az ellátásbiztonság megvalósul.
- **Vagyonvédelem:** a vízmű területét, valamint a víznyerés során használt védművek összessége, mely komplex rendészeti, tűz- és munkavédelmi, biztonsági intézkedések összessége.

A három terület szorosan kapcsolódik egymáshoz, azaz ha bármelyik területen változás következik be, az hatással van az összes többi terület működésére is. Például ha a vízbázisba valamiféle szennyeződés kerül, akkor a romlik a víznek a minősége, és a termelési ellátásban egyfajta hiány keletkezhet. De fordítva, ha például a vízigények csökkennek, és a fogyasztott víz mennyisége nagyon alacsony, akkor pangó víz alakul ki, és a minőség megóvása érdekében - hogy ne keletkezzen biofilm, illetve ne legyen magas a telepkepző egységek száma - szükséges a hálózati tisztítás. Ha az egyik műtárgyban kár keletkezik, akkor objektumvédelmi szempontból szükséges kivizsgálni az esetet, ugyanakkor azt is fel kell mérni, hogy ez esetben szükséges-e máshonnan pótolni az esetlegesen kieső vízmennyiséget, hogy az ellátási mennyiség, valamint a minőség rovására ne sérüljön a vízellátási folyamat. Ha egy jelentősebb műtárgy, például egy víztározó megsérül, akkor ez által nagyobb fennakadásokat is okozhat a rendszerben, valamint akadozó vagy szünetelő vízellátást. [56]

1.4.2. A védelem területi meghatározása

A kritikus infrastruktúrák egyike a vízellátás, mely az Európai Unió Zöld Könyvében is helyet kapott. [57] A vízellátás szolgáltatása a mindennapi élet része, ezért a védelmi területének meghatározása kiemelten fontos mind a vízgazdálkodás, mind a vízművek, mind a lakossági jólét szempontjából. A legtöbb vízszolgáltatási rendszer hazánkban hálózatos szerkezetű, mely komplex, speciális védelmet igényel. Mivel több területből tevődik össze, ezért a

védendő elemek, infrastruktúrák részeinek a lehatárolása bonyolult és nehézkes. Mivel a víz a vezetékeken akár több száz kilométert tesz meg, míg a fogyasztóhoz elér, valamint a szolgáltatási területek sem egyértelműen lehatároltak egyes esetekben. A vízgyűjtő területét hazai és nemzetközi jogszabályok védik, amik alapján külső és belső védelmi zónákat alakítanak ki, melyek kijelölése mindig a geológiai és hidrogeológiai adottságoktól függ elsődlegesen. Az egyes védőzónák területi kiterjedése a víznyerő kutak típusától is függ, valamint a víznyerés fajtájától, de befolyásolja továbbá a vízgyűjtő terület sérülékenysége is. [58]

Az ivóvízellátás védelmi rendszereit jelenleg Magyarországon a MABISZ4 ajánlásai alapján célszerű kialakítani, azonban mindezekről el is lehet térni. Az objektumvédelem tervezése lokális szinten a helyi sajátosságoknak kell elsődlegesen, hogy megfeleljen. Útmutatóként a 201/2001 (X.25.) kormányrendeletben is találhatóak olyan támpontok, amiket a védelmi rendszer struktúrájába be lehet építeni. Az alábbi néhány pontot sorolja fel a 201/2001 (X.25.) kormányrendelet a vízi közművek számára:

- Víznyerő hely, nyersvíz-források védelme;
- Vízkezelés;
- Elosztóhálózat;
- Fogyasztói pontok. [59]

Az objektumvédelemhez kötődő dokumentumok tartalma, valamint a szabályozás mértéke a vízi közmű társaságok egyéni elbírálására van bízva. A vízbiztonsági tervek hazánkban nagyrészt a minőségbiztosítással foglalkoznak, és a fizikai védelmi oldal ezzel összehasonlítva kevésbé hangsúlyos. Ennek egyik valószínűsíthető oka, hogy a szolgáltatók számára konkrét irányelvek vannak a minőségre vonatkozólag, azonban az objektumvédelemre csak utalások. Emiatt hazánkban a hangsúly főképp a vízellátás minőségi és mennyiségi oldalára koncentrál. Valószínűsíthető az is, hogy (szerencsére) hazánkban még nem történt olyan nagy volumenű szándékos károkozás, ami indokolttá tenné a vízművek nagyfokú készültségét objektum- és birtokvédelmi szempontból. Másrészt a biztonságvédelmi szempontok fókuszában a vízminőség áll, melyet a hálózat megfelelő technológiai működtetésével biztosítani lehet. [38] A vízművek számára biztosított önálló döntéshozatal lehetősége azért adott, mert minden területnek egyéni adottságai vannak. Azaz a kockázati tényezők száma, valamint azok minősége területenként, tájegységenként eltérő hazánkban. Ezáltal a veszélyeztető tényezők is eltérőek, valamint a veszélyek bekövetkeztének

valószínűsége. A minőség biztosításának feltétele, hogy a vízművek védőidomai, épületei, berendezései megfelelően védve legyenek az egyes kockázati tényezőktől. [39]

A kockázatértékelés során mérlegelni kell az adott terület geológiai adottságait. Például az Alföldön a minimális lejtésviszonyok a dombsági környezettel összehasonlítva a földcsuszamlás veszélyét igen alacsonyra teheti. Azonban a belvíz egy olyan valós veszély, mely a műtárgyakat veszélyeztetheti. Egyéni döntésre van bízva, hogy mi alapján határozza meg a kockázatértékelés során a veszélyt, valamint annak súlyosságát. Demográfiai, lakossági összetétel, bűnözési ráta, és még egy sor más egyéb tényezőt is vizsgálnak a szakemberek, amely csapat a geológustól kezdve az informatikuson keresztül a laboroson át a rendvédelmi szakemberig sokféle összetételű szakértékből áll. A pontos támpontok hiánya azonban nehézséget is rejt magában. Egy nagyobb, régóta működő vízmű számára ennek a tervnek az elkészítése nagyrészt tapasztalati alapon is működhet. Azonban ahol ilyen információ nem áll rendelkezésre, ott területi felmérés szükséges. A rendszerelemek védelme nemcsak a minőségbiztosítás része, de gazdaságpolitikai érdek is. A hosszú távú tervezés elengedhetetlen eleme a rendszerelemek védelme, valamint a külső műtárgyak védelmének biztosítása havária helyzet kialakulása során is. Például árvíz idején a megfelelő stratégia kialakítása, valamint meghatározott időközönként felújítás, felülvizsgálat is szükséges az üzemfolytonosság biztosításához. Amennyiben a vízáadó réteget szennyezés éri, kell legyen olyan alternatív vízszolgáltatási tervzetnek is, mely a kiesett hálózati részleget átmenetileg vagy akár hosszabb távon ivóvízzel el tudja látni.

1.4.3. A védelmi stratégia főbb lépései

Az első és legfontosabb eleme a védelmi stratégia lépéseinek a meghatározásban a célkitűzés. Ennek folyamán a vízművek és a vízgazdálkodási szervezetek meghatározzák, hogy mi célból, mely területet lefedve, milyen fokú védelmi stratégiát szeretnének kialakítani. Ezután szükséges felmérni az adott területet, majd kockázatértékeléssel meghatározni a megfelelő védelmi stratégiát, és annak megvalósításának a lépéseit.

A védett területek meghatározása során az egyik fő szempont a védelem tárgyának meghatározása. Ez alatt a vízbázist, a víznyerő területek közvetlen vízkinyerési pontjait, valamint az építmények, melyek a vízellátási tevékenységhez kapcsolódnak.

A vízbázis lehet felszíni vagy felszín alatti. Mindkét esetben a területi lehatárolás nem egyszerű, ugyanis a víz, folyadék jellegéből adódóan a „tároló edényzet” alakját felveszi, azt kitölti. A folyók felszíne nem elkülöníthető, és csak korlátozottan körülhatárolható. A felszín alatti vízbázisok esetében a védendő objektum egy olyan terület, ami a földfelszín alatt

található, és időszakosan változik a területi elhelyezkedése, amorf alakja, valamint a négyzetmérete.

Az épületek esetében azok a létesítmények, melyek a vízművek tulajdonában vannak, egyértelműen meghatározhatóak. Ezek lehetnek gépházak, szivattyútermek, medencék, víztornyok, víztározók, stb. A nagy területi kiterjedés miatt sokszor nem csak a vízművek tulajdonában álló létesítmények találhatóak az adott területeken, hanem például mezőgazdasági művelés alatt álló földek, gyárak, üzemek, települések, stb. Tehát a védőzónák kijelölése során minden esetben figyelembe kell venni, hogy mely védőzónáról van szó, és a védettségi fok szintjének is szükséges igazodnia ehhez.

A 123/1997. (VII. 18.) Kormányrendelet a védőzónák kijelölésének elvét egyértelműen meghatározza, azonban a kijelölés módja az adott terület szerint illetékes hatóságok feladata. A védőzónák A, B, és C hidrogeológiai szakaszra vannak osztva, melynél az „A” hidrogeológiai zóna a vízkivételi ponthoz legközelebb eső szakasz, és emiatt a legsérülékenyebb is. Például a belső „A” zónában tilos vegyi anyagokkal foglalkozó tevékenységet végezni. [60]

A szükséges biztonsági intézkedések meghatározása attól is függ, hogy milyen típusú védelmi igényt kell meghatározni. A mechanikai védelmi rendszerbe például a sorompó, kerítés tartozik bele. Az elektronikus védelmi rendszerbe pedig a kamerarendszer, belépési igazoltatási felület, stb. Továbbá a belső biztonsági rendszer részei még a riasztó rendszer, tűzjelzők, behatolást jelző rendszerek, stb.

A kockázatelemzés az a része a tervezés és felmérés szakaszának, ahol felméri az egyes veszélyek előfordulásának lehetőségét, és hozzárendelnek egy mérőszámot. A magas kockázati tényezőkkel szemben fokozott védelmi lépéseket tesznek. A vízi közművek maguk méretik fel a veszély mértékét, valamint egyénileg végzik el a rizikóanalízist is. Emiatt például egy vidéki kis településnek valószínűleg eltérő lesz a vízbiztonsági tervezése egy nagyobb megyeszékhelyhez képest. [61]

A biztonságtechnika egyik érdekes alapelve, hogy nincs igazi alapelv. Ennek oka, hogy a gyakorlatban a legtöbb esetben egyedi védelmi kialakítás szükséges. Továbbá, ha mindenhol egy séma alapján lenne kialakítva a védelmi rendszer, akkor azt igencsak könnyű lenne szabotálni is. A kockázatértékelés egyik fontos szempontja a bekövetkezés valószínűségének mérlegelése. Azonban ezzel a tényezővel óvatosan érdemes kalkulálni. Például Magyarország az elmúlt évszázadban nem volt kitéve földrengésveszélynek. Azonban a 2023-as év során többször is érezni lehetett a kis és enyhe erősségű rezgéseket. A globális klímaváltozás okozta veszélyek ebben az esetben is megmutatkoznak. Az előfordulás valószínűségét nem szabad

csak az elmúlt időszakok statisztikai adataira vonatkoztatni, szükséges az előrejelzéseket is figyelembe venni. Továbbá a vízszolgáltatónak az esetleges havária helyzet kialakulásánál a használaton kívüli műtárgyakat is számításba kell venni [62]

1.4.4. A biztonsági tervek megvalósítása, nyomon követése, felülvizsgálata

A vízbiztonsági tervezés megalkotása egy komplex folyamat, mely a rendszer folyamatos és fenntartható működését célozza meg, valamint az esetlegesen bekövetkező problémák, hibák, balesetek során is megfelelő szolgáltatási ellátás biztosítását. Ennek része a megtervezett rendszer gyakorlatban való alkalmazása, időszakos aktualizálása, felülvizsgálata, valamint a javítása, és igény esetén az eszközök cseréje, javítása, stb. A jogszabály szerint a vízbiztonsági terveket évente kell revideálni, és amennyiben új szolgáltató látja el ezen feladatokat, akkor új tervek készítése szükséges.

A vízellátást többféle típusú veszély fenyegetheti. A bekövetkezés valószínűségének elemzése a kockázatértékelés része. Érdeemes a veszélyeket antropogén és természeti eredetű veszélyek szerint csoportosítani.

Az ivóvíz szolgáltatást, valamint a szennyvízelvezetést az alábbi természeti eredetű veszélyek fenyegetik:

- árvíz,
- belvíz,
- aszály,
- cunami,
- földrengés,
- vulkánkitörés,
- tornádó, hurrikán, stb. [61]

Ezen veszélyek közül jellemzően és gyakran előfordul az árvíz, a belvíz és az aszály. földrengés és a vulkánkitörés esélye Magyarországon igen alacsony, ennek ellenére ezen veszélyekkel is számolni szükséges. Japánban igen sűrűn vannak földrengések, és a Richter skála szerinti 6-7 erősségű rengések is tudnak már olyan problémákat generálni, aminek következtében a vízellátási folyamatokban is nehézségek fordulnak elő. Kumamoto prefektúrában a 2016-os évben egy földrengést követően hetekig nem volt áram és vízellátás. A régióban lakó emberek egy részét szükséges volt evakuálni. Az ivóvízvezetékek derogálódtak, a szennyvízvezetékek széttörték, ami a fertőzésveszély miatt, valamint a keletkezett károk miatt rendkívül veszélyes volt. Összefoglalóan az esetet, a természeti

eredetű veszélyek mindegyike – függetlenül a keletkezés okától, – hosszú távon képes megbénítani a mindennapi életet, és ez által a gazdaságra is kihat. a vízszolgáltatás és a szennyvízelvezetés sérülése. [21]

Az antropogén szennyezések a másik nagy fő kategóriája a veszélyeknek.. Az antropogén eredetű, a vízbázist érintő veszélyeztető szennyező források lehetnek:

- mezőgazdaság,
- ipari szektor,
- energiaellátás,
- közlekedés,
- véletlen vagy szándékos emberi szabotázs cselekedet.

A mezőgazdaság nemcsak a vízkivétellel veszélyezteti a vízkészletek fenntarthatóságát, hanem a növénytermesztés során használt kemikáliákkal is. Még ha a pontos adag is van kijuttatva a szerves vagy műtrágyából, akkor is marad a környezetben egy bizonyos mennyiség a vegyszerekből, melyek idővel a vízbázisokba is eljuthatnak. Az ipari szektor változatos, mely függ a termelés típusától. Azonban ha technológiailag megfelelően felszerelt az üzem, elméletben nem lehet probléma a keletkezett melléktermékekkel. Ausztria számára az egyik legveszélyesebb ipar az energia iparon belül az atomerőmű. Sok esetben volt lakossági tiltakozás, valamint szórólapokat is terjesztettek, és aláírásokat is gyűjtöttek bojkottálás céljából. [63] Az osztrákok szerint a vizek állapotát elsőként a nukleáris energia veszélyezteti. Az országukban épült egyetlen egy atomerőmű Zwetensdorfban jelenleg csak múzeumként szolgál, mivel sosem üzemelték be.

Az ellátásbiztonság egyik részeleme a szervezeti felépítés meghatározása. Hazánkban a Magyarországi Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (a továbbiakban: MEKH) látja el a díjszabási feladatokat. A MEKH dönt továbbá a vízdíjról, valamint a vízellátásért felelős társaságok pénzügyeiről. Minden fejlesztést, minden költséget engedélyeztetni kell. Emiatt a biztonsági szintek meghatározása is komoly pénzügyi tervezést igényel. Továbbá az állapotfelmérés, az új berendezések beüzemelése, a rendszer működtetése, stb mind irányított folyamat, melyet a MEKH felé el kell küldeni, és engedélyeztetni szükséges. [64]

A bűnügyi veszélyeztetettség felülvizsgálata során a védelemnek az előforduló bűnügyi statisztikákat, a telephelyek vagyonvédelmi helyzetét, valamint a tervezett és a már meglévő vagyonvédelmi rendszerek összessége alapján kell kialakítani a védelmi szintet. A vízművek telephelyén a vagyonvédelmi rendszerek az alábbi részekből állnak:

- Mechanikai védelem

- Elektronikai védelem
- Élőerős védelem. [62]

Az elektronikai védelem kiépítésének elengedhetetlen feltétele a villamoshálózat megléte. Ha ez hiányzik, alternatív megoldás lehet a napkollektor vagy más egyéb energiatermelési rendszer kiépítése. [65]

A veszélyforrások az alábbi tényezőkből tevődhetnek össze:

- tűz,
- veszélyes anyagok haváriái,
- környezetszennyezés,
- külső közmű meghibásodások,
- rendkívüli időjárási helyzetekből adódó rongálódás, szennyeződés,
- belső dolgozó szándékos rongálása,
- a munkafegyelem be nem tartásából eredő kockázat,
- külső elkövetők vagyon elleni cselekményei,
- közveszéllyel való fenyegetés, stb.

A vagyonvédelem során a veszély sosem csökkenthető 0%-ra, azonban törekedni kell a lehető és az elérhető legjobb, legalkalmasabb védelmi rendszer kialakítására. Ennek egyik eszköze az elektronikus megfigyelőrendszer, mely esetében írásos figyelmeztető tábla kell, hogy felhívja a figyelmet erre.

A legoptimálisabb olyan biztonságtechnikai rendszer telepítése, amely az épületeket és a gépészeti berendezéseket figyeli, valamint a tűz- és vagyonvédelmi rendszer egy közös platformon van integrálva. Ennek értelemszerűen a használata egyszerű kell, hogy legyen, és többnyire magában foglalja a riasztórendszert, a kamerarendszert, a beléptető rendszert, az épületfelügyeleti rendszert, valamint a tűzjelző rendszert is. [66]

1.5. A jogszabályi háttér és elemzése

A vizeink védelmét a szennyeződésekkel, illetve egyéb környezeti hatásokkal szemben védeni szükséges. Ennek érdekében többféle nemzetközi és hazai jogszabály van érvényben, melyet a teljesség igénye nélkül mutatok be ebben a szakaszban. Mivel a lakosság számára minden körülmények között iható, tiszta, jó minőségű vizet szükséges szolgáltatni, valamint az ipari és mezőgazdasági szféra részére is alkalmasnak szükséges lennie a víznek, így a minőségének megóvását sokféle szempont alapján mérlegelik a jogalkotók.

Az alábbi jogszabályok a vízvédelemhez, valamint vízszolgáltatáshoz kapcsolódnak:

- 201/2001. (X.25.) Kormányrendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről: Ez a jogszabály az ivóvízellátás elvárt minőségéről szól, és a vízi közművek számára meghatározza a vízmintavételek gyakoriságát, kijelöli a vizsgálandó paramétereket, valamint a mintavételezés módját. [59]
- 27/2006. (II.7.) Kormányrendelet a vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel szembeni védelméről: Ez a jogszabály a vizek állapotának védelme érdekében lett megalkotva, fókuszban az agrárszektor nitrátszennyezése. Célja, hogy a szennyezettség mértéke csökkenjen, valamint a kibocsátás a kiemelten védett területeken konvergáljon a nullához. [67]
- 2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről: a törvény meghatározza, hogy a nemzetközi és európai rendszer elemeket miképpen definiálja az adott szervezeti egység, valamint a létfontosságú létesítmények fogalmát meghatározza és kijelöli. [68]
- 65/2013. (III.8.) Kormányrendelet a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről szóló 2012. évi CLXVI. törvény végrehajtásáról: a 2012. évi CLXVI. törvény betartását tűzte ki célul, és ez által az érintett szektorokat kötelezik arra, hogy a létfontosságú létesítményeket azonosítsák, a rájuk vonatkozó kockázatelemzést elvégezzék, valamint az üzemeltetéshez szükséges követelményeket biztosítsák. [69]

A kritikus infrastruktúrák közé sorolt elemek mindegyike létfontosságú. Az ivóvízellátás és a szennyvízelvezetés olyan szolgáltatások, melyeknek a kiesése nemcsak nagymértékű gazdasági és társadalmi károkat okozna, de hiánya következtében az emberek nem tudnának ivóvizet fogyasztani, ami az alapvető létszükséglete az életnek, és hiánya rövidtávon is halálhoz vezet.

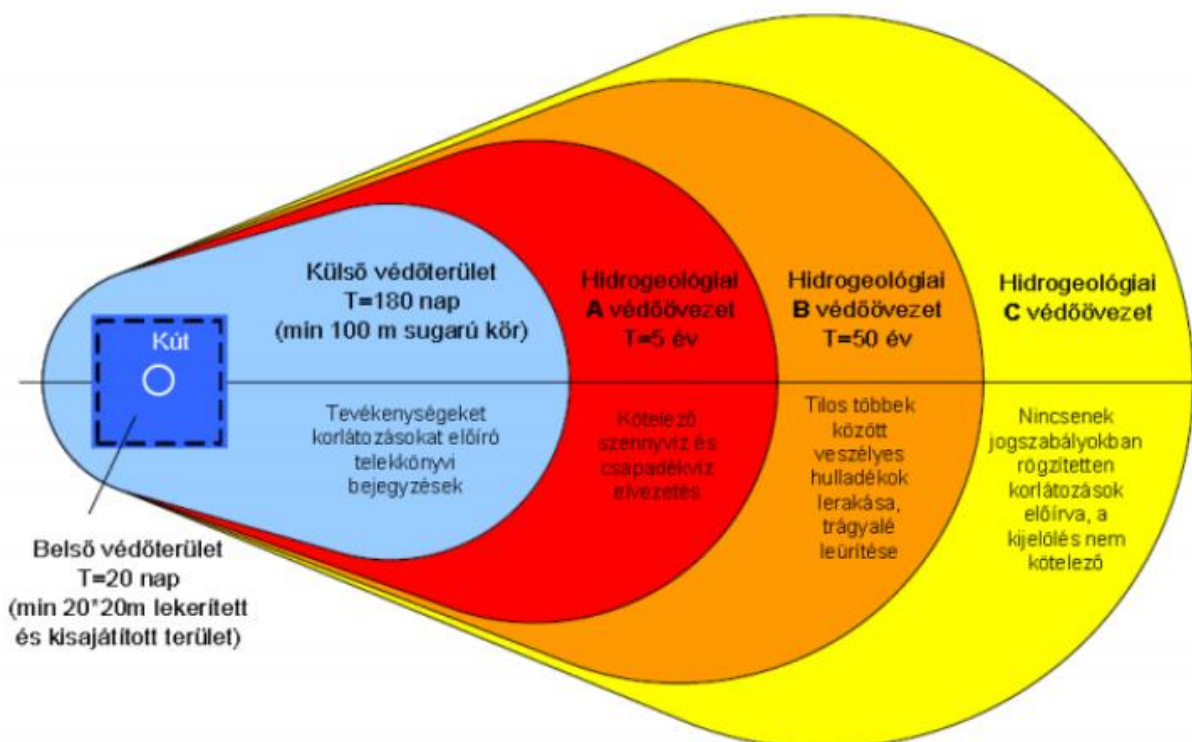
- 2000. évi XXV. törvény a kémiai biztonságról: az Országgyűlés határozata alapján a törvény a veszélyes anyagok és veszélyes keverékek káros hatásainak megfelelő módon történő azonosításáról, megelőzéséről, csökkentéséről, elhárításáról, szól. [71]

Ez a jogszabály a veszélyes anyagok, illetve a veszélyes keverékek előállítására vonatkozó szabályozásokat írja elő. Egészen az anyag előállításától kezdve a csomagolásán és a közúti

szállításán keresztül elrendeli az anyag nyomon követését, azaz a teljes élelciklusának nyomon követését a termeléstől a felhasználáson át a hulladékká válásáig.

A kémiai biztonság tekintetében az Európai Parlament és Tanács 1907/2006/EK rendelete (2006. december 18.) a vegyi anyagok regisztrálásáról, értékeléséről, engedélyezéséről és korlátozásáról szól, amit a hazai jogalkotás során alapul véve átvett Magyarország is. Idehaza 2007. június 1-én lépett életbe a vegyi anyagok regisztrálásáról, értékeléséről, engedélyezéséről és korlátozásáról szóló rendelet, melynek az angol mozaikszava a REACH. Ezután 2009. január 20. napján jelent meg az Egyesült Nemzetek vegyi anyag szabályozása, mely az Európai Parlament és a Tanács a 1272/2008/EK rendelete, és ez a GHS szabályozás szűkebb értelmezése, ami az anyagok és keverékek osztályozását, címkézését és csomagolását szabályozza. [72]

- 123/1997. (VII. 18.) Kormányrendelet a vízbázisok, a távlati vízbázisok, valamint az ivóvízellátást szolgáló vízi létesítmények védelméről: a már használatba vett, illetve az ivóvíz ellátásra az elkövetkező időszakokban igénybe vehető vízbázisok védelméről szól. [60]



9. ábra: A hidrológiai védőzónák meghatározásának sematikus ábrázolása. Forrás: [70]

Az alábbi ábrán jól látszik, hogy a védőterületi zónák a védelmi területtől távolodva hogyan alakulnak. Ezeket a hazai szabályozás az alábbiakban alkalmazza:

- Belső védőzóna, 20 nap elérési időt;
- Külső védőzóna, 6 hónap elérési időt;
- Hidrogeológiai védőövezet „A” zóna, 5 év elérési időt;
- Hidrogeológiai védőövezet „B” zóna, 50 év elérési időt; valamint
- Hidrogeológiai védőövezet „C” zóna, teljes vízgyűjtőt számol.

A védőterületet a jogszabály a felszíni vízbázisok esetében az alábbiak szerint osztja fel:

- 10 hektár alatti, 60 napnál kisebb tartózkodási idővel, illetve
- 10 hektár feletti, vagy 60 napnál nagyobb tartózkodási idővel számítja a tározók és tavak esetében,
- $Q_{95} = 50 \text{ m}^3/\text{s}$ alatt, illetve
- $Q_{95} = 50 \text{ m}^3/\text{s}$ felett folyók és egyéb vízfolyások esetében.

Ezen túlmenően a jogszabály megszabja a vízfelületen, illetve a parton végezhető tevékenységek körét, a lehetséges kútfúrást, illetve az újonnan építendő létesítményeket, vagy esetlegesen már a területen lévő műtárgyaknak a rekonstrukcióját. A jogszabályok mindegyike azt hivatott szolgálni, hogy a környezet ne károsodjon, az adott területeken a tevékenységek ellenőrzöttek legyenek, és betartásukkal a fenntarthatóság szellemében a jövő generációi is ugyanúgy egészséges, tiszta, élhető környezetben élhessenek, akár csak a mostani nemzedékek.

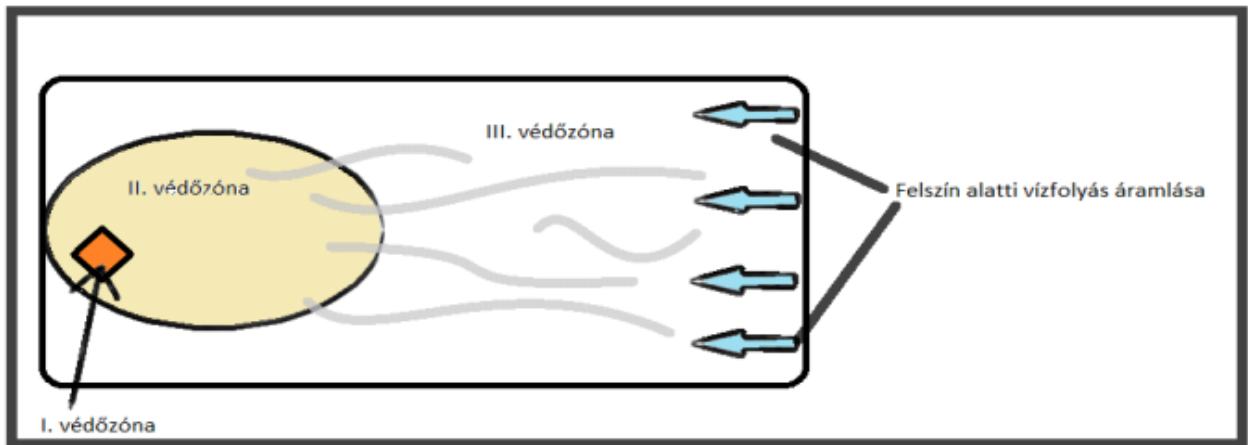
A 123/1997. (VII. 18.) Kormányrendelet a vízbázisok, a távlati vízbázisok, valamint az ivóvízellátást szolgáló vízi létesítmények védelméről [60] meghatározza a védőzóna területeit, és a szempontrendszere egységes, azonban a területi lehatárolás lokálisan kialakított. A cél, hogy a víz minősége kifogástalan maradjon, és az adott tevékenység semmilyen formában ne befolyásolja a vízbázis területén lévő vízadó réteg vízminőségét. A védőterületek kialakítására azért van szükség, hogy az esetleges ipari, mezőgazdasági, vagy más egyéb szennyeződés ne érje el a vízadó réteget.

A nemzetközi viszonylatokat tekintve az osztrák rendszerben az alábbiakban alakul a védőterületek meghatározása:

- I. védelmi zóna: 40-100 méter;
- II. védelmi zóna: 800-100 méter, illetve 60 nap;

- III. védelmi zóna: a és b, 365 nap. [73]

Mint ahogy az a 10. ábrán látszik, az osztrák rendszer a területi lehatárolás tekintetében valamelyest eltér a magyarországi rendszertől, azonban teljes egészében tekintve ugyanazt a célt szolgálja. A három zóna közül az I. zóna a vízmű területe, és annak objektumai. A II. védelmi zóna a környező területeken fekszik, és a potenciális tevékenységi körök szinte nullára vannak redukálva. Ezeken a területeken habár találhatóak műtárgyak, de azok nincsenek hatással sem a kutak állapotára, sem a felszíni vagy felszín alatti vízkészletekre. Pl: rádióállomás jeladó tornya. A szennyezés bekerülését a vízáradó közegbe méterben vagy napokban határozzák meg.



10. ábra: A vízvédelmi zónák osztrák rendszerének ábrázolása. Forrás: [74]

A 123/1997. (VII. 18.) magyarországi kormányrendelet [60], mely a vízbázisok, a távlati vízbázisok, valamint az ivóvízellátást szolgáló vízi létesítmények védelméről szól, ugyanazt a célt szolgálja, mint a nemzetközi törvényi előírások. A fentebbi összehasonlítás bemutatja, hogy bár a definíciók és a területi lefedettségek között ugyan vannak eltérések, azonban mindegyik rendszer ugyanazt a célt hivatott elérni: a vízbázisok hosszú távú és tartós védelmét.

1.6. Részkövetkeztetések

A fejezetben bemutattam, hogy a vízgazdálkodás számára mind a múltban, mind a jelenben, és valószínűsíthetően a jövőben is égetően fontos kérdés lesz a vízkészletek elosztása, valamint azok felhasználása. Amint bemutattam, a klímaváltozás is rendkívül sokféle

feladatot ró a vízgazdálkodással foglalkozó szakemberekre. Továbbá újabb és újabb felmerülő környezeti problémákat okoz a klímaváltozás globális és lokális szinten egyaránt.

A világ vízkészlete nem egyenletesen oszlik el, ami geopolitikai vitákat, illetve háborúkat is képes generálni. Nagyon fontos kérdés hazánk számára is a fenntartható vízgazdálkodás, valamint a vízfelhasználás optimalizálása. Magyarország kárpát-medencei elhelyezkedésének köszönhetően az ivóvízre fordítható vízmennyiség nagy része a felszín alatti vízbázisból származik. Az ivóvíz minőségére vonatkozó követelményeket a 201/2001. (X.25) Kormányrendelet egyértelműen meghatározza. Ebbe beletartozik mind a kémiai minőségi értékekre vonatkozó határértékek, mind a bakteriológiai és biológiai paraméterek. Azért, hogy hosszú távon a vízkészletek ne sérüljenek, a különböző vízhasználói szektorok számára többféle előírásra, korlátozásra van szükség. Mind a mezőgazdaság, mind az ipar, mind a lakosság számára fontos hangsúlyozni a környezettudatosságot.

Egy-egy katasztrófa, illetve havária helyzet kialakulása során a vízgazdálkodási igazgatóságoknak, illetve a katasztrófavédelmi szervezeteknek azonnal és szakszerűen kell fellépnie, hogy megfelelően el tudják hárántani az esetleges veszélyeket. Azonban a vízellátás területén a vízműveknek is fontos szem előtt tartani a vízbázisokat és víztermelő kutakat fenyegető veszélyeket, valamint az előfordulás valószínűségének mértékével szükséges a vízbiztonsági tervekbe is beépíteni a megfelelő elhárító intézkedéseket.

Magyarországon a fúrt és ásott kutak sokfelé előfordulnak vidéken. Azonban a kihasználtságuk egyre kevésbé jellemző - pedig a minőség függvényében ezeket a kutakat is be lehetne integrálni az egyéni vízellátásba. A fúrt kutak jogi szabályozása az elmúlt években egy igen komplex változási szakaszon esett át. Valószínűsíthető, hogy a közeljövőben is még változások fogják érni. Azonban jelenleg - a 2023-as év végén - a fúrt kutak létrehozásával kapcsolatosan, valamint a már meglévő kutak bejelentési kötelezettségére vonatkozó szabályozások, illetve a használatra vonatkozó jogi rendelkezések az elmúlt időszakhoz képest enyhültek. Ez azt jelenti, hogy egyszerűbb és gyorsabb a kutak létrehozása, illetve alkalmazása. Azonban a kutak kialakítása során nagyon fontos a szakszerű kialakítás, valamint a kutak környékének védelme. Továbbá, az is nagyon fontos, hogy a kúton keresztül a vízáadó réteget se szennyezze be a felhasználó.

A védelmi zónák kialakítása a vízvédelem fontos része. Ez azért is jelentős, mert egy-egy vízáadó réteg a felszín alatt nagy kiterjedésű is lehet. Ebből adódik a jogszabályok szigorításának igénye a vízáadó rétegek közvetlen, illetve közvetett tevékenységek szabályozására vonatkozóan, kiemelt figyelmet fordítva a vízáadó rétegekből való vízkivételekre.

2. AZ IVÓVÍZELLÁTÁS JELLEMZŐI

2.1. A hazai vízellátás

A hazai víziközmű-szolgáltatásnak két fő része van, az egyik a vezetékes ivóvízellátás, a másik pedig a közműves szennyvízelvezetés. Magyarországon a lakosság 95%-a hozzá tud jutni az ivóvízhez, mivel minden településen be van vezetve. Az ország éves fogyasztása nagyjából 440 millió m³, melynek a háromnegyede része lakossági fogyasztás, így egy fő napi átlagos vízfogyasztása 90-100 liter. 2013-tól kezdve a szennyvízelvezetés kiépítettsége megközelítőleg 75%-os szinten van. A jövőt nézve ezek az értékek fix számoknak tekinthetők, tehát a közművesítés elérte a növekedési maximumát. [75]

Jelenleg a magyar lakosság vízfogyasztása egy 1,4%-os csökkenési periódusban van, amely a közműveket nézve problémákat okoz. Az egyik probléma, hogy a vízszolgáltatás kiépítésekor magasabb, sőt egyre növekvő vízfogyasztással terveztek, viszont jelenleg ezzel ellentétes értékeket tapasztalnak, ami valószínűleg a környezettudatos életmódnak, a háztartások spórolásának és a víztartalékos berendezéseknek köszönhető. A kisebb vízfogyasztás következtében pangó víz gyűlik fel a hálózatban, amit bizonyos időszakonként ki kell engedni egy-egy végponton, aminek az a célja, hogy a rendszer felfrissüljön, mivel ez egy fontos lépés környezet-egészségügyi szempontból. A másik probléma, hogy a hálózatos rendszerek költségének hozzávetőlegesen a 80%-a fix, amelyet ennek tükrében akkor ki kell gazdálkodnia a szolgáltatónak, ha kevesebben veszik igénybe a szolgáltatást, hiszen mindig rendelkezésre kell állnia. Fix költségnek számít a hálózat fenntartására fordított költségek nagy része, amely a fogyasztástól független, ilyen többek között a csövek tisztítása, a karbantartás, a dolgozók bére. Ez a tendencia nem csak Magyarországra, hanem egész Európára jellemző, így nem csak a mi szolgáltatóinknak okoz problémát az iparosodás kezdetén tervezettek (magasabb és növekvő fogyasztás).

Magyarország	Csehország	Lengyelország	Szlovákia	Horvátország	Románia	Átlag
95%	94%	88%	87%	86%	57%	84,5%

3. táblázat: A közüzemi ivóvízhálózathoz csatlakozott lakosság aránya 2011-ben Magyarországon és a környező országokban. Forrás: [9]

A 3. táblázat adataiból az látható, hogy Magyarország a környező ország statisztikái alapján kiemelkedik az ivóvízellátás területén. Már a római kor előtti időszakban elkezdődött a hazai közműves vízellátás és folyamatos fejlődésen ment át egészen az újkorig. Budapesten 1868-ban kezdődtek a modern kori vízellátás alapjai, amikor megalapították a fővárosi vízellátáshoz a Vízvezetéki Irodát, melyet később beintegráltak Vízművek Igazgatósága néven a Fővárosi Mérnöki Hivatalba, és emellett kiépítették a parti szűrésű kútrendszert, mely jelenleg is üzemel. A technikai fejlesztések következtében a vízkitermelés fejlődésére nagy hatással volt a villamosítás, később pedig a számítógépes rendszerek.

Magyarországon a vízellátás 98%-ának a felszín alatti vízkészlet az alapja, melynek egyik oka, hogy ez áll rendelkezésre, emellett a kialakult hagyomány is magyarázatot ad rá. Ivóvíz biztosítása közvetlen felszíni vízkivétellel azokon a területeken jellemzőek, ahol a felszín alatti készlet nem található vagy nem hasznosítható. [76]

„A vízminőség meghatározására a tisztasági fokozat szerint az alábbi kategóriákat használják:

- kiváló minőségű,
- jó minőségű,
- tűrhető minőségű,
- szennyezett,
- illetve erősen szennyezett víz. „[77]

Emberi fogyasztása csak a kiváló és a jó minőségű víz alkalmas. Megfelelő tisztítási eljárással tisztított tűrhető minőségű vizeket fel lehet még használni újra. A szennyezett, valamint az erősen szennyezett víz nem fogyasztható, emellett sem közvetlenül, sem közvetetten nem érintkezhetnek az emberrel. Ilyen eset lehet például az úszás vagy az élelmiszer-feldolgozás- a fertőzés és a szennyezés veszélye miatt.

Az eddig bemutatott vízszolgáltatási rendszer után jogosan merül fel a kérdés: Milyen értékeket tartalmazhat az ivóvíz? Ezt A 201/2001. (X.25) Kormányrendelet részletesen tartalmazza [59], milyen értékeket tartalmazhat az ivóvíz, melyeket szigorúan be kell tartani. A vízi közmű szolgáltatók ezt meghatározott rutinnal végzik a vizsgálati időszakokban. A víz akkor felel meg az előírás szerint ivóvíz minőségűnek, ha nem található benne határérték feletti koncentrációjú vagy mennyiségű mikroorganizmus (Pl: *Escherichia coli*), parazita (Pl: *Giardia*), kémiai (pl: arzén, nitrit) vagy fizikai anyag, amelyek nem jelentenek veszélyt az emberi egészségre. Ha a határértékek alapján emberi fogyasztásra alkalmas, viszont olyan tényezők vannak benne, amelyek a vízfelhasználást zavarják, akkor kifogásolt minőségű ivóvíznek kell minősíteni.

2.2. A vízellátás biztosításának kérdései

A vízgazdálkodás egyik új, de egyben nagyon fontos aspektusa a vízminőség védelme. A felszíni vizeink védelmére kiemelt figyelmet kell biztosítani, hiszen a nyitott jellege miatt sokkal több szennyeződés érheti, mint a felszín alatti vízbázisokat. Viszont a felszín alatti vizek szennyezettsége gyakrabban rejtett, meglepetésszerű. Ebből kiindulva az látható, hogy mindegyik vízbázis típusnak vannak előnyei és a hátrányai. Például a karsztvizek nagyon egészségesek és tiszta vizet nyújtanak, viszont elég magasak a sérülékenységi kockázatai, hiszen akármilyen szennyeződés a rendszerbe juthat akár pár óra alatt.

Mind a felszíni feletti és mind a felszín alatti vizeinket védeni kell a szennyeződésektől. Például oda kell figyelni, hogy ne kerüljön olyan víz a körforgásba, amelynek a megengedett értékeknél magasabb a szennyezettsége. Az ivóvízellátás működését akkor is biztosítani kell, ha katasztrófa történik, hiszen ez egy olyan infrastruktúra, amelyre különböző létesítmények épülnek, és amelytől függnnek is. Az olyan létfontosságú létesítményeket, melyek az esetek többségében hálózatos rendszerűek és a fellépő probléma esetén üzemzavar vagy akadozás állhat fenn az egész rendszerben kritikus infrastruktúrának nevezzük. Ennek az a magyarázata, hogy egy ilyen esetben nem csak a szolgáltatás gyengülne meg, hiszen az kihatna a közbiztonságra is, ami még több problémát generálna. [78]

A kritikus infrastruktúrák ellen irányultak a 2004-es madridi, majd a 2005-ös londoni terrortámadások is, aminek következtében az Európai Unió módosította az alaptörvényt, ami hatással volt a katasztrófavédelmi törvényre is, ezen kívül határozatban elfogadta az új nemzetközi stratégiát is. Így a vízellátási rendszereket is beemelték a kritikus infrastruktúra körébe, aminek a hatására fontossá vált a vízbiztonsági terv készítése, melyet az Egészségügyi Világszervezet is hangsúlyoz. [80] Az ivóvíz üzembiztonsági tervezésénél különböző szakaszokat különítenek el, melyek segítségével a vízi közművek olyan pontos terveket tudnak elkészíteni az általuk lefedett területeikre. Ilyen például a rendszervizsgálat, a működési monitoring, a menedzsment és ezek dokumentációi.[39]

Hazánkban elismert a vízbiztonság fontossága, melynek hatására több szervezet is együttműködik annak érdekében, hogy biztonságosan működjenek a vízi közmű szervezetek. Hiszen a terrorista cselekmények és a különböző természeti katasztrófák, melyek a világban bekövetkeztettek rávilágítottak arra, mennyire fontosak és valójában mit is jelentenek a kritikus infrastruktúrák, mit kell tennünk a megóvásuk érdekében. [79]

Három kockázati kategóriát szükséges megkülönböztetni a védelem kialakításának szempontjából. Az egyik a természeti eredetű veszélyek, ilyen többek között mikor a belvizek

vagy az árvizek minőségromlást okoznak a vízbázisokban. A másik kategória a civilizációs és technológiai veszélyek, ilyen például a közlekedési és ipari szennyeződés. A harmadik csoport a szándékos és ártó jellegű cselekmények, ezek közé tartozhat akár a nem jogszabálynak megfelelően végzett mezőgazdasági munka, például Magyarországon betiltott gyomirtó szer alkalmazása. [58]

A veszélyt sosem lehet 100%-ra kiküszöbölni, mindig marad valamennyi rizikó. Viszont törekedni kell arra, hogy a beazonosított veszélyt, mely már így ismert, a lehető legalacsonyabb szintre szorítsák a vízellátó rendszeren belül.

Magyarországon a közműves szolgáltatás már mindenhol elérhető, a hálózati rendszert bárki igénybe veheti. Valószínűsíthetően a jelenlegi rendszerek fejlesztése, bővítése várható a jövőben, és új vízművek nem épülnek már. Emiatt, a jelenlegi rendszer auditjára van időről időre szükség. az audit rendszerét a vízbiztonsági terv dokumentuma több lépés sorozataként határozza meg:

A veszélyes tényezők azonosítása és identifikálásának lépése csak egy a több lépcsős audit vizsgálatból. Viszont igencsak fontos, mivel gyakorlatilag az egész rendszer mind eköré épül.

A veszélyes esemény vizsgálata során mindig az adott területre vonatkozó környezeti elemeket kell figyelembe venni. Ezért a legideálisabb, ha olyan szakértői csoport végzi a vízbiztonsági terv kidolgozását, akik az adott vízellátó rendszerrel dolgoznak. A szakmai ismeret és a helyi vízellátó rendszer ismerete egyaránt fontos tényező a tervek kialakításában.

A veszélyelemzést végzők egy csoportja általában egy olyan több fős társaság, akik meghatározott okból ülnek össze. Feladataik nem csak a veszélyelemzésre és a azok értékelésére terjed ki, hanem közgazdaságtani szempontból például értékelni kell, hogy ha javítást szeretnének az egyes vízellátási szakaszon, akkor az anyagilag erre fordítható keret is figyelembe veszik. De ugyanígy a tervezés legelején eldöntik, milyen eszközöket használnak, mely rendszer alapján elemzik ki a kapott adatokat. Például, a 2007-2013 között megvalósult ivóvízjavító program a hálózatszámítás és modell készítéshez a HCWP térinformatikai modellező programot használták, mely az alábbi fő alkalmazási területeken alkalmazható:

- Vízellátó rendszerek analízise, felülvizsgálata.
- Gépházakba és kutakba telepített szivattyúk üzemelésének ellenőrzése.
- Rekonstrukciók és fejlesztések tervezése.
- Gazdaságos és biztonságos üzemrend kialakítása, szabályozási algoritmusok kialakítása.

- Üzemzavarok utólagos ellenőrzése, valós mérési adatok alapján. Okok, hatások, károk
- felderítése.
- Vízkeveredés, tartózkodási idő meghatározása. [11]

A veszélyelemzés során többféle eszközt lehet használni, és ezek mindegyike a vízellátó rendszerek biztonságos üzemelését szolgálják, valamint az egészséges, fogyasztható ivóvíz szolgáltatását segítik.

2.3. A fenntartható vízgazdálkodás és a vízellátás összefüggései

A felszín alatti vízkészletek biztosítják a legjobb minőségű ivóvizet, ugyanakkor Magyarországon a víz tisztasága fokozatosan csökken és a minősége pedig romlik. Ez a tendencia ahhoz vezethet, hogy a vízellátást később a felszín feletti vízkészletekből kell megoldani. [81] Ebből kiindulva már most arról kell gondoskodnunk, hogy ez az állapot ki se tudjon alakulni, melynek megfelelő eszköze a megelőzés. Az Egészségügyi Világszervezet emiatt sürgeti a tagállamait, hogy készítsenek megfelelő vízbiztonsági terveket, melyek a kisebb fenyegetettségektől kezdve a legextrémabb lehetőségeket is magába foglalja. Az elsődleges veszélyeztetettség nem más, mint ami a vízforrást érheti, például az árvíz, belvíz, a szándékos rongálások, az extrém időjárási körülmények. A másodlagos veszélynek azokat a meghibásodásokat tartják, amelyek folyamatos felülvizsgálattal elkerülhetőek vagy megelőzhetőek. [33]

A szennyvizek kibocsátásánál a tisztítottsági fok kiemelkedően fontos. Ugyanis, a befogadó élettere drasztikusan megváltozhat, ha túl magas a szervesanyag-tartalom, vagy nagyon eltérő hőfokú víz érkezik a befogadóba. Ma Magyarországon a szennyvíztisztítás hatásfoka kiemelkedően jó, és a szennyvíztisztító üzemek a legmodernebb technológiákkal működnek. A csatornázottság is igen magas arányú, a sűrűn lakott területeken már mindenhol rácsatkozott a lakosság a közüzemi hálózatra. Azonban a vízműveknek és a csatornázási műveknek számolnia kell a klímaváltozással is. Mindez azt jelenti, hogy a szélsőséges időjárásnak köszönhetően a nagy mennyiségű csapadék az elvezetett szennyvíz mennyiségében is megjelenik, ami nagymértékű lezúduló vizet, valamint hígított szennyvizet jelent a gyakorlatban. Habár törvényileg elő van írva, hogy például az ereszcsonnából érkező vízmennyiség nem vezethető a szennyvízelvezető rendszerbe - pont a fentebb leírt probléma megoldásaként - sajnos ennek ellenére gyakorlati tapasztalat, hogy a sűrű esőzés, csapadékhullás ideje alatt megemelkedett mennyiségben érkezik a szennyvíz a

csatornahálózaton kerül a szennyvíztisztító telepre. A másik probléma a tartós kánikula, szárazság idején fellépő vízhiány, ami vízkorlátozásokat okozhat.

Továbbá, a vízbázisok védelmét minden körülmény között biztosítani szükséges. A jól felépített védelmi rendszerben már olyan eseti előforduló, illetve még soha elő nem fordult problémákat is vizsgálunk, mely ha bekövetkezne, az elhárítására van protokoll. Tehát az esetlegesen bekövetkező káreseményeket prognosztizálják, így ha bármilyen jellegű gond adódik, akkor az üzemfolytonossági tervnek, vízbiztonsági tervnek, valamint az addig kialakított gyakorlatok korrelációjával megoldható a fellépő kockázat elhárítása, valamint a bekövetkező probléma szakszerű kezelése.

A vízbázisok védelmével szorosan összefügg a régióban és közvetlen környezetében lévő ipari létesítmények, melyeknek az iparbiztonsági jogszabályok betartása mellett a környezetvédelmi elveket is minden körülmények között kötelező betartaniuk. A megváltozott időjárási körülmények számukra is újfajta nehézségeket jelentenek, és számukra is szükséges az ipari technológiájukat adaptálni a szélsőséges időjárási körülményekhez. Az iparbiztonsági előírásokat tehát be kell tartani, valamint be kell tartatni, a víztisztítást és egyéb környezeti elemek tisztítását az elérhető legjobb technológiával kell megoldani⁹. A vízbázisok védőzónáinak akár csak távolabbi részére eső tevékenységekre is fokozottan igaz ez. [55]

A jó minőségű ivóvíz iránt egyre nagyobb kereslet van, ami az egyik fő problémát tudja jelenteni az ivóvízellátásban. Erre hívja fel a figyelmet az EU vízpolitikai irányelve, mely a közösségi fellépés kereteinek meghatározása kapcsán kiemeli, hogy szükség van egy olyan összefogásra, mely biztosítani tudja az EU lakosságának számára a biztonságos ivóvízellátást. [38]

A 2015-ös év végére elkészült az Országos Vízyűjtő Gazdálkodási Terv, mely a lakossági javaslatokat is magában foglalja. A vízgazdálkodás szempontjából másik jelentős dokumentum a Magyarország Árvízi Kockázat Kezelési Terve. Ezen dokumentumokban a vizek különböző terhelésére vonatkozó adatok láthatóak. A jövőben is várhatóak a felszíni víz monitoringozási rendszere mind Európai Unió előírásaként, mind hazai jogszabályok keretén belül. Mindezek célja a jó állapot megőrzése és fenntartása, továbbá az esetleges állapotromlás felmérése, valamint megakadályozása. Mivel az Európai Uniónak egy jelenleg épp folyamatban lévő víz- és vízi környezetpolitikája zajlik 2021-től kezdődően egészen 2027-ig bezárólag, így Magyarország is részt vesz a felszíni és felszín alatti vizek monitoringozásában. [82]

⁹ BAT, azaz best available technology, a legjobb elérhető technológia alkalmazásának elve.

A természet közeli vízrendezési elveket sok országban alkalmazták már. Hazánkban a folyómedrek, valamint a lecsapolt szakaszok egyes részeit lehetne védetté nyilvánítani. Habár ezek a területek az elmúlt évszázadok alatt rengeteg változáson estek át, a haza tájak élővilágának és ökoszisztémájának eredetiségét még mindig őrzik. Azonban ehhez fokozottan védett területté lenne szükséges nyilvánítani ezeket a folyómedreket, folyóér-levágásokat, gázlókat, stb. Az egyik jelentős probléma, hogy a tájtalakítások következtében a felszíni vizek egy jelentős része hasznosítatlanul lefolyik a folyóinkon. Például a Tisza, mivel a meanderező jellegét elvesztette, a vízlevonulása gyorsabb, nincsenek olyan mértékű lassító szakaszok, mint a folyószabályozás előtt voltak. Továbbá, a lecsapott folyórészek egyes szakaszai bevonhatóak lennének az árvízi védekezésekbe. A kisebb régióknál a nagyobb árok levonulása során a víz egy részét ezekre a területekre lehetne vezetni, így azok időszakosan feltöltődnek, valamint a lezúduló víz mennyisége is kevesebb, és így az árvízi készültség során a veszélyeztetettség foka is alacsonyabb lenne.

Továbbá, a felszín alatti vízkészletek is töltődnének ezáltal, ami a már részlegesen megjelenő talajszint csökkenést is vissza tudná fordítani. Még fontos pozitív hozadéka lenne, hogy a talajra így ismét hordalék kerülne, mely tápanyagforrássul szolgálhatna a mezőgazdaság számára is. Mindezekon felül, a víztározási funkciót is el tudnák látni ezek a területek. [83]

2.3.1. A kémiai vízszennyezők egyes esetei

Magyarország az Európai Unióhoz való csatlakozása óta rengeteg új törvényi szabályozást vett át az Európai Uniótól. Az egyik ilyen vízgazdálkodást érintő szabályozás a vízbázisok és vízkészleteket érintő törvényi szabályozás hazai jogrendje. A felszíni és felszín alatti vízbázisok védelmét szolgáló jogszabályi előírások a jogharmonizáció jegyében alakultak ki, mely érdekében Magyarország egy hosszú távra szóló környezetvédelmi stratégiát követ más tagállamokkal összefogásban. A nitrát érzékeny területekről szóló jogi szabályozáson keresztül a Natura 2000 területek kijelölésén át a kritikus infrastruktúrára vonatkozó rendelkezések mind azt a célt szolgálják, hogy a környezetünket megóvjuk globális és lokális szinten egyaránt.

A kémiai vízszennyezők csoportjába gyakorlatilag a periódusos rendszerből bármi beletartozhat, mivel az anyagok változatos sokasága van jelen a hétköznapi élet során is. Az anyagok többsége nem károsítja az egészséget, sem pedig a környezetet, mivel nem veszélyes, és kényelmi célt szolgálnak a társadalomban.

A kémiai biztonság definíciójának megértéséhez először is a biztonság definícióját szükséges tisztázni. Biztonság az, amikor nincs veszélyérzet, azaz annak a hiánya. Ez a jóléti

társadalmakban alapfeltétel, és erre törekednek az országok többsége is, hogy a társadalom számára nyugodt, békés, fenyegetésmentes környezet legyen teremtve. [84]

Másképp értelmezve, a világgazdasági átrendeződés egy újfajta komfortérzetet hozott magával, mely az emberiséget és a civilizációkat nem a háborúk vagy fegyveres konfliktusok által veszélyeztethetik, hanem maga a környezetet veszélyeztető források váltak azokká a nyugtalanító tényezőkké, melyek az embereket a biztonság érzetéből kimozdítják. [85] A vegyi anyagok felhasználásának, valamint gyártásának, forgalmazásának komplex törvényi háttere van, mellyel a lakosság, a társadalom érdekeit képviselik, és ez által a biztonság magas foka valósul meg. A környezeti elemek védelme, azon belül is a vizeink védelme a különböző szennyezőanyag forrásoktól így valósítható meg hatékonyan.

2.4. A vízellátás hazai helyzetének nehézségei

A vízmikrobiológiai kérdések között felvetődhet a kérdés, hogy ha látszik egy adott táptalajon a háttérmikrobióta (pl Cetrimid táptalajon egyértelműen nem *Pseudomonas aeruginosa* nőtt ki, vagy a Tergitol 7 táptalajon rengeteg telep látszik, de azok nem sárgították el a sötétzöld színt, így valószínűleg nem coliform baktérium nőtt ki), akkor érdemes-e tovább vizsgálni az adott víznyerő helyet? Erre nehéz jó választ adni, és a szabvány szerint azért vannak meghatározva a vizsgálandó fajok, mert azok indikátorai lehetnek egyéb baktériumtörzsek jelenlétének. Továbbá, a napi rutinmérések során képtelenség lenne az összes víznyerő helyen az összes mikrobiológiai mérést rendszeresen elvégezni. Ezért tapasztalati alapon, a meghatározott legjellemzőbb törzseket és fajokat érdemes vizsgálni.

A másik előforduló vízügyi probléma, hogy a legtöbb mérés nem azonnali, a baktérium telepeknek idő kell ahhoz, hogy kinőjenek a táptalajon, és mire meghatározásra kerül az adott faj, és megkezdődik a beavatkozás a víztisztításra, addig lehetséges, hogy az a szennyezett víz elér a fogyasztóhoz is, és egészségügyileg károsítja.

A veszélyhelyzet analízis eszközeként jelenleg Magyarországon a törvényi szabályozást követik, mely a egészségügyi felülvizsgálatnak felel meg. A törvény meghatározza a vizsgálandó paramétereket, és a vízművek ezeket vizsgálják. Mindez megfelelő, egészen addig, míg rendeltetésszerűen van használva a rendszer, és az ellátási láncba nem kerül semmilyen formában olyan veszélyes tényező, mely nincs a rutinvizsgálatok között. A törvényi szabályozás szerint, ha a megengedett határérték felett találnak valamilyen mikrobiológiai szennyeződést, akkor nem kell elkezdni megvizsgálni, hogy pontosan milyen

eredetű szennyeződésről volt szó, illetve nem kell vizsgálni a pontosabb beazonosítását, hanem meg kell kezdeni a fertőtlenítést.

Ha a törvényi szabályozáson felül valamilyen egyéb tényező is megjelenik az ivóvízben, azt egyénileg kell a vízellátó rendszernek megoldania. Többnyire ilyenkor klór-dioxidot, vagy hipokloritot adagolnak a vízhez, és folyamatos mintavételezés mellett ellenőrzik, hogy mikor kerül a víz ismét iható, fogyasztható állapotba.

Ez érthető, hisz a vízellátó rendszerek laboratóriumaiban a cél az előírt vizsgálatok elvégzése. Mind a munkaerő, mind a munkaeszköz korlátozottan áll rendelkezésre, emiatt nem lehet elvárni, hogy további kutató tevékenységbe kezdjen a vízi közmű. Viszont időnként a kiegészítő vizsgálatok elvégzése, majd azok kiértékelt eredményei választ adhatnak a háttérszennyeződésekre.

2.5. Egészségügyi intézkedések az ivóvízellátást érintő havária helyzet esetén

Ha árvíz, belvíz, vagy egyéb környezeti katasztrófa sújtotta esemény következik be, az emberek élettere megváltozik, melynek tolerálása nemcsak pszichésen jelent nehézséget, de fizikai és közegészségügyi vonzata is van a kérdésnek. A sokféle antropogén jellegű szennyeződés - akár az utcák szemeteit, akár a közeli állattartó telep ürülékeit vesszük alapul, - sokféle olyan szennyező forrást rejt magában, amelyet megfelelő tájékoztatással, valamint megfelelő szintű felkészültséggel csillapítani lehet. Az áradás során az utcákon álló víz az elvonulta után is tartogat veszélyt. [41]

A lakosságnak ilyenkor követnie kell a hangosbemondó utasításait, és parancsra akár az épületet is el kell hagynia. Mivel fizikai veszélyek is fennállnak, ilyen esetben akadozhat vagy teljesen meg is szűnhet az áramellátás, valamint a közlekedés, kommunikációs eszközök, internet, stb.

Szükséges a higiéniai előírások betartása:

- rendszeres kézmosás kézfertőtlenítővel, vagy 2%-os nátrium-hipokloritos oldatba mártott textíliával
- fertőtlenítő tableta használata a vizek esetében
- csak palackozott ásványvíz fogyasztása
- veszélyes területek kerülése
- a vizekbe szükségtelenül nem szabad belemenni a vízbefúlás veszélye miatt
- közlekedés kerülése amennyiben megoldható
- beteg, idős, valamint gyermekek segítése, rászorulóknak segítségnyújtás.

Mindezek nem csak ajánlottak, de állampolgári kötelességünk is a betartásuk. [43]

2.6. Az egyéni vízhasználat - a privát kutak és létesítésének feltételei

A víz az élet nélkülözhetetlen alapja. Az urbanizációtól távolabb eső, az infrastruktúrával nem, vagy csak részlegesen rendelkező területeken a vízellátás és a csatornázottság sok esetben nem egy centralizált vízi közmű segítségével valósul meg. Az ilyen területeken még inkább fókuszba kerülnek azok a lehetőségek, melyekkel alternatív módon megoldható a víznyerés, azaz a hálózati vízellátáson kívüli vízbeszerzési módok több figyelmet kapnak. Az egyik leginkább kézenfekvő megoldás az ásott vagy fűrt kút vizének használata. Az antropogén hatások a felszín alatti vízkészletekre is hatással vannak. A víz felhasználási céljától függően, különböző víztisztítási lehetőségek állnak rendelkezésre. Természetesen, a felhasználás előtt meg kell határozni az adott víz kémiai és mikrobiológiai tulajdonságait is, hogy ennek alapján a vizet minősége alapján a leginkább megfelelően lehessen felhasználni.

Magyarország területén a vezetékes vízellátás többnyire mindenhol elérhető, kivéve azokat a területeket, ahol a csatornázottság, valamint az ivóvíz hálózat csak részlegesen van kiépítve. Ezek a városi agglomerációkon kívüli területeken sokszor találni még fűrt, vert, illetve ásott kutakat is, és előfordulhat az is, hogy az esővizet gyűjtik össze. Ezen vizek ivásra, fürdésre, mosásra, főzésre általában nem, azonban egyéb vízigenyes tevékenységekre jól alkalmazhatóak (locsolás, takarítás, WC-öblítés, stb). Ugyanakkor sok olyan vízkezelési lehetőség is rendelkezésre áll a hétköznapi háztartások számára is, mellyel egy kevésbé szennyezett vizet fertőtlenítéssel, ioncserélős műgyantás vízsűrűréssel, és egyéb módszerekkel már hasznosítható vízzé tehetünk, akár még ivóvíz minőségűvé is.

A kútvizek minősítése, felhasználhatósága szempontjából rendkívül fontos ismerni, hogy az adott víztest mikrobiológiai és kémiai minősége milyen. A vízminőség és a közegészségügyi kockázatértékelés során olyan indikátor szervezeteket¹⁰ szoktak rutinvizsgálatokkal kutatni, melyek jelenléte jelezhet egy adott típusú szennyeződést. Az urbanizációtól távolabb eső, az infrastruktúrával nem (vagy csak részlegesen) rendelkező területeken a vízellátás és a csatornázottság sok esetben nem egy centralizált vízi közmű segítségével valósul meg. Az ilyen területeken még inkább fókuszba kerülnek azok a lehetőségek, melyekkel alternatív módon megoldható a víznyerés. Vagyis, a hálózati vízellátáson kívüli vízbeszerzési módok

¹⁰ Indikátor szervezetnek tekintjük azokat a baktériumfajokat, melyek valamilyen szennyeződésre (jelen esetben főképp fekális szennyeződésre) utalnak. Ez a szennyezettség fokmérője is egyben, és arra utal, hogy az adott vízben optimális a körülmény a baktériumok és más élőlények szaporodásához. [86]

nemcsak több figyelmet kapnak, hanem esetenként az egyetlen helyi víznyerési módként szolgálnak.

A közművesített vízellátás hiányának pótlására az egyik leginkább kézenfekvő megoldás az ásott vagy fűrt kút vizének használata. Az antropogén hatások a felszín alatti vízkészletekre is hatással vannak. A víz felhasználási céljától függően, különböző víztisztítási lehetőségek állnak rendelkezésre. Természetesen, a felhasználás előtt meg kell határozni az adott víz kémiai és mikrobiológiai tulajdonságait is, hogy ennek alapján a vizet minősége alapján a legjobb célra lehessen felhasználni.

2.7. A csatornázottság és a vízgazdálkodás összefüggései

A magyarországi kistájak közül a 2010-es felmérés szerint a közművesítés állapota miatt a vízbázisok védelme még nem volt megfelelően megoldva. Mivel a leginkább lakott terület Budapest, ezért az öt környező agglomerációt érintő problémásabb pontokat gyűjtöttem ebben a részben össze.

Vác-pesti Duna-völgy: A Dunának Váctól kezdődően a Csepel-szigetig terjedő ártéri területe, melyet a kisebb vízfolyások táplálnak. Ezek még nem lennének elegendőek a vízigény kielégítésére, de a Duna pótolja a vízmennyiség deficitet. A Duna ezen szakaszán a víz minősége a II. osztályba sorolható. Ez alól kivétel az északi összekötő-vasúti híd területe, ahol kifejezetten rossz a vízminőség. Itt a mellékpatakok vizei is szennyezettek már (főképp a főváros agglomerációjából érkező szennyezettség miatt), és a talajvíz minősége nem hasznosítható, pedig jelentős mennyiségű vízről van szó. Ha figyelembe vesszük, hogy ez a terület a budapesti vízellátásnak az egyik fő bázisa, kiemelt figyelmet kell szentelni a vízbázis védelmére. A Budapestet ivóvízzel ellátó parti szűrésű kutak egy része is ezen a területen helyezkedik el, kútjai is ebből a parti szűrésű sávból táplálkoznak. Ezért a vízminőség megóvása - mind a felszín közeli, mind a mélyebb rétegeket érintően - a vízbázisvédelem, valamint az ivóvízbiztonsági terv kiemelt része. A kistáj közüzemi vízellátása teljes, azonban a nem teljeskörű csatornázottság veszélyes a parti szűrésű vízbázisra.

Pesti-hordalékkúpsíkság: A Gödöllői-dombságtól a Duna-völgyig tartó terület ez. Magában foglalja Dunaharaszti, Gyál, Vecsés, Dunakeszi és Csömő városokat (a teljesség igénye nélküli felsorolásban). Egymással párhuzamosan az alábbi patakok tagolják: Gombás-, Sződ-Rákos-, Mogyoródi-, Csömöri-, Szilas-, Rákos-patak, Gyáli- főcsatorna, Nagymocsár-árok. A kistájat vízhiány szokta jellemezni, melyet a száraz éghajlat okoz. A vizek minősége a II. osztályba lenne sorolható, azonban a településeken áthaladó vízfolyások szakaszai az

antropogén szennyezettség miatt még alacsonyabb kategóriába kerülnek. Található ezen a kistájon a vízfolyások mellett még 2 kisebb természetes tó, valamint több mesterséges tó is. A talajvíz mélysége északról dél felé haladva 6 méterről 2 méterig emelkedik. Ezek mennyisége jelentős, és minőségére jellemző a kalcium-magnézium-hidrogénkarbonát, valamint a nátrium is. A települések alatt a szulfáttartalom is jelentős (>300 mg/L). A lakások több, mint 90%-a közcsatornával el van látva 2010-ben. Továbbá, az újabb budapesti szennyvíztisztító teleppel a víz minősége még inkább javul.

Csepeli-sík: A kistáj Bács-Kiskun, Fejér és Pest megyén keresztül helyezkedik el. Ez a Duna melléke mégpedig a Ráckevei ágtól déli irányban Rácalmásig. Ezen a szakaszon sok vízfolyás van, mint például a Gyáli-főcsatorna, Benta-patak, stb. A terület vízgyűjtője 132 km hosszú és 3039 km² kiterjedésű. A kistajat erős vízhiány szokta jellemezni. [13]

A Duna vízgyűjtő területe nagy szakaszt foglal magában Magyarországon is. Ebből kiemelten fontos a Budapest és vonzáskörzetének a helyzete, mivel Magyarország egyik leglakottabb települése a főváros.

2.8. Részkövetkeztetések

Az emberiség fejlődése során egyre változatosabb szerkezetű anyagokat hozott létre művi úton. Mindezek hatása a vizeinkben is megjelenik, tekintettel arra, hogy nagy mennyiségű vegyszer, mikroműanyag és egyéb, természetidegen szennyeződés kerül a felszíni és a felszín alatti vizeinkbe. Bár a vízkészletekben lezajlódik ugyan egyfajta öntisztulási folyamat (pl. szerves anyagok oxidálódnak, a szilárd részek feloldódnak, míg más összetevők leülepednek, illetve kicsapódnak) – a tisztulási folyamatot elsősorban a vízi élőlények szolgáltatják, a mikrobák, algák növényi és állati szervezetek. Azonban ezek a megemelkedett szennyezés mértékével nem képesek lépést tartani. Így az emberiségnek tudatosan kell óvnia a vízbázisokat, melyre egyre precízebb és célorientáltabb tervek és szakhatósági intézkedések állnak rendelkezésre. Ezek a rendszerek nemcsak a víztisztítási és katasztrófa-elhárítási rendszereket foglalják magukba, de lépést tartanak mind a technikai fejlettséggel, mind az élőerős védelmi rendszer kialakításával. De ugyanennyire fontos, hogy az egyes kivitelezések során figyelembe legyen véve a területi adottság, és a környezeti monitoring során az egyes veszélyek kockázatértékelését mindenképp szükséges lefuttatni. Valójában ugyanezek a szempontok érvényesek a fejlesztésekre is.

A magán kutak esetében a jogszabályi környezet még képlékeny, azonban az engedélyeztetésen kívül igencsak fontos a kút tervezése során a megfelelő higiénia betartása,

valamint a bélés, palást kialakítása, és a stabil üzemelési rendszer felállítása. Ha ezek nem megfelelőek, sajnálatos módon a fűrt kút hosszú távon nemcsak nem lesz alkalmas a minőségi vízszolgáltatásra, de még a használatba vett vízbázisba is bejuttathat olyan szennyeződések, melyek hosszútávon fennmaradhatnak. Emiatt lényeges, hogy a vízbázis védelem kiemelt figyelmet fordítson az olyan jellegű vízhasználati tevékenységekre, melyek a lakossági vízellátást is érinthetik. Azonban a kútfúrás másik aspektusa, mikor a hálózati vízellátást hivatott kiváltani. Ebben az esetben a minőségi paramétereket mindenképp figyelembe kell venni, és törekedni kell a legjobb vízminőség elérésére. Ha ez nem adott, és nincs más vízadó forrás, a folyamatos házi fertőtlenítési módszereket szükséges alkalmazni.

A vízbázis védelem megvalósulása érdekében, nélkülözhetetlen a vízbázisok vagyónvédelmének kiépítése is. A vízbázisok és vízlelő helyeink többsége a gyéren lakott területeken, város- és faluszéleken található. Ezek a területek így kevésbé ellenőrzöttek vagyónvédelmi szempontból. Ellenőrzésük és a különböző figyelőrendszerek kiépítése manapság már elengedhetetlen. Manapság leginkább a munkanélküliségi helyzetből továbbá a bűnözési cselekményekből adódóan a vízlelőhelyek vagyónvédelme szükséges. A jogrendszer ezek kialakításában szabad kezet ad a vízi közművek számára. Az elsődleges elv az, hogy a vízszolgáltatás minden körülmények között működjön. Az ország különböző területein eltérő földrajzi viszonyok és eltérő lakossági, szolgáltatási igények vannak, emiatt kifejezetten kedvező ez a jogszabályi norma. Ami az előnyt jelenti, ugyanaz a hátrány is. Azaz, amikor valamilyen védelmi irányelvet részletesen ki kell dolgozni, teljes mértékben a közművek saját magukra, esetlegesen egy külsős cégre vannak hagyatkozva. Emiatt az olyan alapvető információkat összegyűjtve, mint a vállalkozás mérete, ellátási területe, vezetékek hossza, a vízellátási lánc kritikus pontjai, stb. szükséges összegyűjteni, majd mindezeket kielemezve a megfelelő objektumvédelmi intézkedéseket meghozni.

Egy katasztrófa kialakulásakor a speciálisan erre szakosodott szervezeteknek gyorsan és hatékonyan szükséges reagálniuk és fellépniük. A katasztrófavédelmi szervezeteknek, a vízügyi igazgatóságoknak és vízi közmű szolgáltatóknak jelentős feladataik vannak árvízi készültségkor. Mindezek mellett arra a következtetésre jutottam, hogy a lakosság tájékoztatása, felkészítése elengedhetetlen a balesetek és fertőzések elkerülése érdekében.

A fenntartható fejlődés figyelembe vételével a különböző anyagok gyártásánál fontos, hogy minél kevésbé legyen ártalmas, minél hamarabb lebomoljon, hamar felszívódjon, azaz a környezetterhelése minimális legyen. Mind az iparban, mind a háztartási szektorok számára a tudomány próbál alternatív megoldásokat nyújtani. A gyártási folyamatok törekednek újrahasznosítható anyagokat alkalmazni, illetve a betétdíj egy nagyon jó megoldás lehetne,

azonban a fertőtlenítés és mosás ismét a vízhasználatot növelné. A lakosság számára is sokszor van lehetőség a vegyszerek és kemikáliák közül a környezetbarát verziót alkalmazni. A mezőgazdaság számára nem csak azt kell figyelembe venni, hogy megfelelő növényt termesszenek az adott talajon, de fontos az is, hogy megfelelő módon kezeljék a területen a növényvédő szereket, és a vízfelhasználás mellett a növényvédő szerek adagolt mennyisége is optimális mértékű legyen, figyelembe véve a környezeti terepviszonyokat és időjárási körülményeket.

A jogszabályi háttér folyamatosan bővül és frissül a vízhasználattal kapcsolatosan is, amelyre szükség is van a nagyléptékkel fejlődő világunkban. A jövő feladatai közé tartozik olyan környezetbarát megoldások keresése és megvalósítása, melyek a legkevésbé terhelik a környezeti elemeket, ezzel párhuzamosan gazdaságilag és társadalmilag is egyaránt megvalósíthatók.

3. A FELSZÍN ALATTI VÍZADÓ RÉTEGEK KÉMIAI ÉS MIKROBIOLÓGIAI JELLEMZÉSE SAJÁT MÉRÉSEK ALAPJÁN

3.1. A szakszerű vízmintavétel és minta előkészítése laboratóriumi méréshez

A vizsgált vízmintákat speciálisan, 110-130 °C között hőlégmenterizálással előkezelt, illetve autoklávon 130 °C-on előkezelt üveg edényzetbe gyűjtöttem. A lezárt üvegedény belseje így teljesen steril volt, melyet csak a minta vételének időpontjában nyitottam ki, és töltöttem meg a vízzel, nagyjából az edényzet 4/5-éig. Ezzel biztosítottam a mikrobiológiai környezet számára az aerob környezetet.

Az adott vízmintavételi helyeken, ahol kifolyós csap volt felszerelve, először kb. 5 percig folytattam a vizet, ezzel biztosítva a hálózatban maradt pangó víz eltávolítását. Ezután a kifolyó részt egy alkoholos fertőtlenítőszerrel körbefújtam, mellyel a jelenlévő külső, környezeti mikrobiológiai kontaminációt pusztítottam el a csaptelepről. Nagyjából 5-10 perc várakozás után ismét pár percig folytattam a vizet, hogy az esetlegesen a csapon maradó fertőtlenítőszer mindenképpen mosódjon le, és az üvegbe kerülő víz a víztest tényleges mikrobiológiai közegét tartalmazza. A sekély mélységű, ásott kutak esetében egy előre lefertőtlenített vödört alkalmaztam, melyet alámerítéssel többször átmostam a kút vizével, majd ezután az üvegbe töltöttem a vizet, és gyorsan lezártam az edényzetet.

Elsőnek a mikrobiológiai vizsgálatra vettem a vízmintá(ka)t, majd utána a kémiai vizsgálatra szánt vízmintát műanyag flakonokba gyűjtöttem, ügyelve arra, hogy azzal a típusú vízzel, amit vételezni fogok, kétszeresen átöblítsem a palackot, és csak ezután töltöttem színültig a mintával. A teljesen telt flakon biztosította, hogy az oldott oxigén mérése a laborba érkezéséig a valós értéket mutassa.

A minták szállítása hűtőtáskában történt, és a laboratóriumba beérkezést követően vagy 5 °C-on hűtőben helyeztem el, és 18 órán belül megkezdtem a feldolgozását, vagy azonnal megkezdtem a vizsgálatokat. A minta előkészítése és vizsgálata az Alföldvíz Zrt. Központi Laboratóriumában két területen történt: a mikrobiológiai és a kémiai részlegen.

A mikrobiológiai mérések első szinten lemezöntéses, illetve membránszűrési módszerrel vizsgáltam. Az előkészített vízmintákat kinyitás előtt felráztam, homogenizáltam. Majd nyílt láng felett az üveg száját leégettem. Ezután a steril fülke alatt az összcsíraszám meghatározásához 0,5 illetve 1 ml vízmintát pipettáztam, és az előkészített élesztőkivonatos agarral leöntöttem a Petri csészébe pipettázott vízmintát. Ezeket fekvő nyolcas mozdulatokkal homogenizáltam, majd megszilárdulás után 22 °C, illetve 37 °C-os termosztátba tettem.



1. kép: Vízminták előkészítése az összcsíraszám meghatározásához. Készítette: Szerző.

Majd a vízmintát ezután 3 X 100 ml-es egységekben membránfilteren átszűrtem, és a megfelelő táptalajokra helyeztem a szűrőpapírt. A szűrést követően 37 °C-os termosztátba helyeztem a Tergitol 7, Chromocoult, Cetrimide, illetve a Slanetz-Bartley-féle táptalajokat.



2. kép: A vízminták szűrése Sartorius szűrővel. A képen 100 ml szűrt vízminta utáni szűrőpapír látható, melyet a táptalajra helyeztem csipesszel. Készítette: Szerző.

A kémiai mérések közül az első két érték, amivel a méréseket kezdtem, az oldott oxigén tartalom és a pH értéke volt. Ez azért volt szükséges, mert a gyűjtőedényzet felnyitásának pillanatában még meghatározható a vizes közeg tényleges oldott oxigén tartalma. Azonban többszöri felnyitásnál, illetve a mintavevő edény „szellőztetésnél” ez az érték eltolódik. Ezután a többi kémiai vizsgálat elvégzése következett: ammónia, nitrit, nitrát, vezetőképesség, vas, mangán, arzén, öszkeménység, KOI ps, foszfáttartalom.

3.2. Az ivóvíz minőségi követelményei

A WHO kézikönyvek ajánlásai alapján, a laborokban a rutinvizsgálatok során az alábbi vizsgálatokat végzik el a bakteriológiai részlegen a vizek higiénias minősítése során: [8]

- összcsíraszám 22, és 37 C°-on,
- coliform baktériumok (*Enterobacteriaceae* család tagjai), kiemelve az *Escherichia coli*-t (későbbiekben: *E.coli*), [87]
- *Pseudomonas aeruginosa*, [88]
- *Enterococcus faecalis*, [89]

- *Clostridium perfringens*,
- *Salmonella typhimurium*,
- *Streptococcus* szám,
- *Staphylococcus* szám, stb.

Magyarországon alapvetően a 201/2001.(X.25.) az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről[59] című Kormányrendelet szabályozza a vizsgálandó paramétereket.

Az alábbi lista a hatályban lévő 201/2001.(X.25) Jogszabály 3. melléklete szerint meghatározott, mikrobiológiai mérések listáját tartalmazza:

Vizsgálandó mikrobiológiai paraméter	Határérték ivóvízre vonatkoztatva (100ml)	Vizsgálatra vonatkozó szabvány
<i>Escherichia coli</i> (<i>E.coli</i>) és coliform baktériumok	0	MSZ EN ISO 9308-1:2001; MSZ EN ISO 9308-2:2001
<i>Enterococcus</i> ok	0	MSZ EN ISO 7899-2:2000
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	MSZ EN ISO 16266:2008
tenyészthető mikroorganizmusok számlálása - telepszám 22 °C-on	500	MSZ EN ISO 6222:2000
tenyészthető mikroorganizmusok számlálása - telepszám 36 °C-on	500	MSZ EN ISO 6222:2000
<i>Clostridium perfringens</i> (beleértve a spórákat is)	0	MSZ EN ISO 14189

4. táblázat: Az ivóvízre vonatkozó mikrobiológiai határértékek és szabványok listája.

Készítette: Szerző.

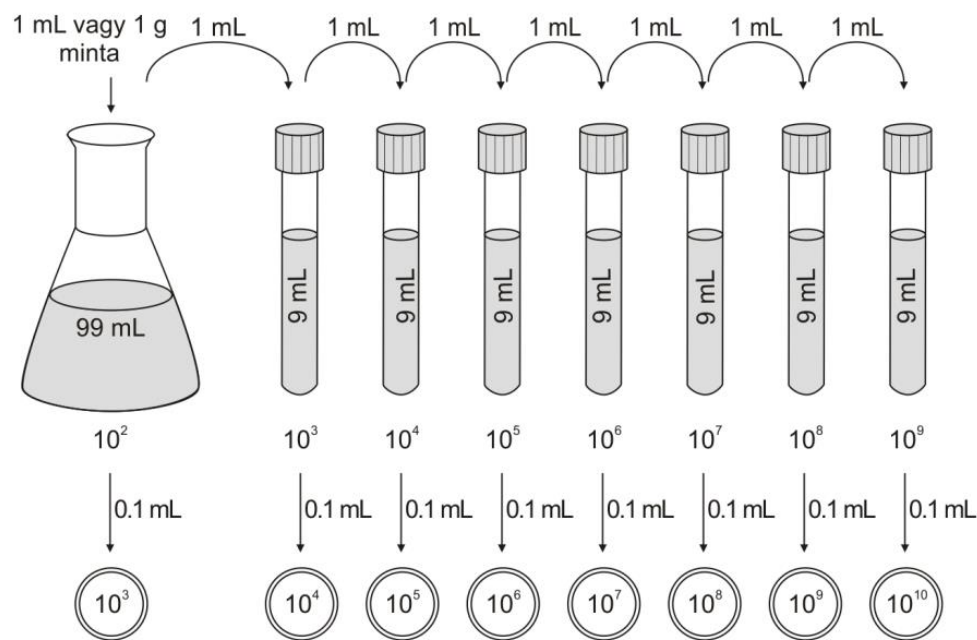
A vízművek számára ezeken felül a terület helyi sajátosságait is figyelembe kell venni, és a speciális körülményekkel rendelkező területeken ezeken felül az előforduló vizsgálatokat is a rutin eljárásba kell iktatni. Tehát a környezeti feltételek miatt a mérések során egyéb előforduló paramétereket is vizsgálni szükséges a vízműnek, ha az illetékes népegészségügyi szerv úgy dönt. [90]

3.3. Mikrobiológiai mérések jellemzése

Összcsíraszám meghatározása lemezöntéses módszerrel:

A telepképző egységek számának meghatározásához élesztő kivonatos agart tartalmazó táptalajt használtam, és lemezöntéses módszerrel végeztem a mérést. Ennek lényege, hogy a mintából a homogenizálás után kétszeresen 0,5 illetve 1 ml-t a Petricsészékbe pipettáztam, élesztőkivonatos agart öntöttem rá, majd hullámzó (fekvő nyolcas) mozdulatokkal megfelelően homogenizáltam. Ezután inkubálás céljából 37 °C -on 48 óráig, illetve 22 °C-on 72 óráig termosztátba tettem. A letelt idő után kiértékeltem a mintákat, azaz manuálisan leszámoltam a kinőtt telepképző egységeket, és az eredményeket összelepszám/összbemért mennyiség/ml-ben megadva kiszámoltam az átlagot.

Az első mérés során nem alkalmaztam hígítást, azonban ahol nagyon magas volt a telepképző egységek száma (>500), ott decimális hígítást alkalmazva végeztem el a későbbiekben a mérést. A hígításhoz steril desztillált vizet alkalmaztam. Az eredeti kútvízből 0,5 dl vízhez 4,5 dl steril desztillált vizet tettem, és homogenizáltam. Ez volt a 10^{-1} hígítási fok, és ugyanezen eljárást ismételtam 10^{-3} -ig.



11. ábra: decimális hígítási sor készítése [91]

Coli és *E.coli* szám meghatározása membránszűrési technikával:

A coliformok az *Enterobacteriaceae* család tagjai. Fakultatív anaerob, Gram negatív szervezetek, spórákat nem képeznek, a jelenlétük egy víztestben fekáliás szennyeződés

jelenlétére utal, mely lehet akár egy régebbi szennyeződés miatt is jelen. Normál esetben egyébként az emberi és melegvérű állatok bélcsatornájára jellemző baktérium. Azonban nem minden coliform baktérium fekáliás eredetű, származhat talajból, vagy felszíni édesvízből is. Ezért nem lehet mindig a fekáliás szennyezettség indikátorának tekinteni. Azt azonban mindenképp jelzi, hogy a vízkezelés, víztározás vagy vízelosztás, vízátadás során valamilyen jellegű szennyeződés került a víztestbe, és a hálózati vízellátást biztosító vízműnek a megfelelő víztisztítási lépéseket meg kell tennie.

A membránszűrési módszer esetében 0,45 µm pórusátmérőjű Whatman típusú membránfilterrel 100 ml vízmintát szűrtem. Az ehhez szükséges eszközök: membránszűrő, csipesz, gázégős láng, gázégős pisztoly, Sartorius szűrő, Chromocult és Tergitol 7 táptalaj. Az előkészítés során a használandó fém eszközöket a gázégők segítségével sterilizáltam, azaz a szűrőberendezés szűrőfeltétjét, valamint a tölcseréket és a csipeszt is leégettem, majd amikor megfelelő hőmérsékletre visszahűltek az eszközök, elkezdtem a mérést.

Az üveget homogenizálás céljából ismételten felráztam (pipettázás után következett a szűrés), majd a szűrőre helyeztem a membránfiltert, arra a tölcserét. A szűrést követően a membránfiltert Tergitol 7 táptalajra, illetve Chromocult táptalajra helyeztem (a minta szennyezettségétől függően választottam meg a táptalaj típusát: magasabb szennyezettségű víz esetében a Tergitol 7, míg alacsonyabb szennyezettségű víz esetében a Chromocult táptalajt választottam). A táptalajokat 37 °C-on 24 óráig inkubáltam. A tenyésztés értékelése során megvizsgáltam a táptalajon kinőtt tenyészeteket. A Tergitol 7 táptalajon kinőtt telepek közül pozitívnak értékeltem azokat, melyeken sárgás színű telepek voltak, és a táptalaj sötétzöld színét is elsárgították. Ez a változás a laktózbontásra utaló pH változás, és a táptalaj felszínén található telep morfológiájából adódóan előzetesen megállapítható (tehát sejthető), hogy az a coliformok közé tartozó (de nem E.coli), vagy pedig E.coli az adott telepképző spóra. Az E. coli jellegzetes „tükörtojás” formát mutat a Tergitol 7 táptalajon. Ezeket a gyanús telepeket megszámlálás után megerősítésképpen fenolvörös-laktóz táplevesbe vittem át, és 24 óráig 37 és 44 °C-on inkubáltam. A 37 °C-os hőmérsékleten az *Escherichiaceae* családba tartozó, coliformok mindegyike életképes marad, míg 44 °C-on csak az E.coli. A laktóz-fenolvörös tápleves piros színének sárga színre változása savas pH-ra utal, és emellett a gázképződés is megjelenik, melynek képződése a Durham-csőben figyelhető meg.

A pozitív fenolvörös-laktóz táplevesből egy steril kacs segítségével élesztőkivonatos és Chromocult táptalajra vittem tovább a tenyészetet, és 37 °C-on 24 óráig inkubáltam. Ezután a biokémiai megerősítést végeztem el. Az élesztőkivonatos táptalajról egy steril kacs segítségével megfelelő mennyiségű baktériumtelepet vettem le, és oxidáz próbát végeztem

oxidáz tesztsíkkal¹¹. Ha a tesztsík sötétkekes-lilás színre változott, akkor oxidáz pozitív a telep, ha nem volt színváltozás, akkor oxidáz negatív. Mivel a coliform és az *E.coli* baktérium citokróm-oxidáz enzimet nem termel, ezért ha a megerősítő teszt negatív, az igazolja, hogy az adott telep oxidáz-negatív. Az ONPG próba esetében sárga színváltozást figyeltem. Ennek alapja a coliform és *E.coli* baktérium β -D-galaktozidáz enzimet termelő képessége, és a megerősítés során a teszt pozitív kell, hogy legyen. Az indol-próbánál az indol-képzést és a β -D-glükuronidáz enzim termelésének együttes megjelenését vizsgáltam, mely piros szín formájában megjelenő indol-gyűrűként jelent meg. Továbbá API 20 E biokémiai tesztet is lehet alkalmazni alternatív megerősítésként, mely elég pontos meghatározást ad. Azonban a költségét figyelembe véve, valamint, hogy elégnék bizonyultak az egyéb biokémiai megerősítő vizsgálatok, ezt a mérési lehetőséget nem alkalmaztam.

Pseudomonas aeruginosa szám meghatározása membránszűrési technikával:

A *Pseudomonas aeruginosa* egy opportunista patogén, mely alacsony tápanyagtartalmú vizekben is képes megtelepedni és növekedni. Mivel a vezetékes vízhálózatban található biofilmben¹² előfordulhat, ezért a megjelenésével mindenképp vízhálózati mosatás szükséges, és a *Pseudomonas aeruginosa* eltávolítása olyan vízrendszerből, melyben megjelent már, igen nehéz, és a vízellátás üzemeltetése során sok problémát okoz. Folyamatos fertőtlenítésre van szükség, és ismétlődő szivacsos mosatásra a hálózati rendszerben.

Kútvizek esetében ugyanezt a jelenséget okozza, és ha szakaszosan, vagy rétegesen megtelepszik a kitermelő csővezeték falán, vagy a csap belsejében, ott is képes biofilmet képezni. A *Pseudomonas aeruginosa* Gram-negatív, intenzíven mozgó, csillóval rendelkező, pálca alakú baktérium, mely pigment termelésének (pyoverdín és pyocianin) köszönhetően bizonyos táptalajokon fluoreszkál. Cetrimid tartalmú táptalajon való tenyésztés során jellegzetes hársfa illatú telepeket növeszt. Telepei szabálytalanok a táptalajon, akár szoknya-szerű redőzöttséget is létre hozhat, de lehet csak pontszerű a telepképzése, vagy akár teljesen be is nőheti szőnyegszerűen a táptalajt. Mivel igen ellenálló a fertőtlenítőszerrel szemben, és eléggé „igénytelen”, ezért képes szinte bárhol megjelenni, és az emberi szervezeten belül is bármelyik szervet megbetegíteni. [92]

A *Pseudomonas aeruginosa* minta előkészítése membránszűrésre hasonlóképpen történt, mint a coliform és *E.coli* vizsgálatokra. A minta homogenizálása, az eszközök sterilizálása után 100

¹¹ Oxi ref. 2001 típusú tesztsík.

¹² A biofilm egy olyan közösséget alkotó komplex baktériumközeg, melyben a *Pseudomonas aeruginosa* benne élhet - de nem törvényszerű a megjelenése.

ml vízmintát Sartorius szűrőn 0,45 µm pórusátmérőjű Whatman típusú membránfilterrel leszűrtem, és Cetrimid-agarra helyeztem a filtert. A táptalajt 37 °C-on inkubáltam, majd a pigmenttel rendelkező telepeket megszámláltam. A pigmentek jellemzően zöldeskék piocianin pigmentek. Ezeket a telepeket UV 365 nm alatt¹³ megnézve meggyőződtem róla, hogy fluoreszkálnak-e, és megszámláltam a telepeket. A biokémiai megerősítő vizsgálatokhoz élesztőkivonatos agarra, valamint acetamid levesbe vittem tovább a telepeket. Ezeket 37 °C-on 24 óráig inkubáltam. Emellett King-B ferdeagarra is továbbvittem a telepeket, és 37 °C-on 24 óráig inkubáltam.

Az oxidáz próbát tesztsíkkal végeztem el, és a kékeslila szín megjelenése esetén a pozitív reakció esetében megállapítottam, hogy oxidáz-pozitív a baktérium telep. Az acetamid-levest a 24 óra letelte után elsőként UV 365 nm alatt megvizsgáltam, és megnéztem, hogy fluoreszkál-e. Ezt követően az NH₄ termelés-t vizsgáltam, úgy, hogy az acetamid levesbe Nessler reagenst cseppentettem, és ha téglavörös csapadék képződött, akkor megállapítottam, hogy az ammóiatermelés megtörtént. A King-B ferdeagart is megvizsgáltam, azaz ha volt rajta kinőtt telep, és fluoreszkált, akkor pozitívnak értékeltem a mintát.

Enterococcusok számának meghatározása membránszűrési technikával:

Az *Enterococcus faecalis* a legtipikusabb faj az enterokokkusok közül, melyet a 2. fejezetben ismertetett vizsgálati módszerrel ki lehet mutatni. E mellett még az *E. faecium*, *E. hirae*, *E. durans* is, illetve néhány *Streptococcus* nemzetségből származó faj is kimutatható lehet. Az *Enterococcus faecalis* jelenléte a vízben bélsárszennyeződésre utal, és igen ellenálló baktérium. Azonban az egyéb kimutatható, fentebb felsorolt többi faj csak rövid ideig képes életben maradni. Ebből következik, hogy amennyiben egy vízből kimutatható, ott friss szennyeződés jelenlétére kell számítani. Tenyésztésük szempontjából a 6,5% só, vagy 40% epesav jelenléte mellett, és az akár a 9-es pH, 10 és 45 °C közötti hőmérséklet biztosításával, adott környezeti feltételek mellett képes növekedni. Párosával vagy rövid láncokban helyezkednek el, tokkal nem rendelkező Gram-pozitív coccusok. Kataláz-negatívak. Alapvetően nem hemolizálnak, de idősebb tenyészetben esetenként ez megfigyelhető. Eszkulinbontó képességük miatt epe-eszkulin táptalajon tenyészthetőek, mellyel a tenyésztéshez szükséges epesav jelenléte biztosítható. [93]

Az *Enterococcus*ok membránszűrése ugyanúgy történik, mint az *E. coli*, coliformok, *Pseudomonas aeruginosa* meghatározásánál. A 100 ml vízminta leszűrése után a

¹³ A fény sterilizáló hatása miatt a táptalajt csak a lehető legrövidebb ideig szabad az UV 365 alatt vizsgálni, mert a rajta lévő kinőtt baktérium telepeket előlheti, és fals negatív eredményt okozhat.

membránfiltrert ráhelyeztem a Slanetz–Bartley táptalaj felszínére. Az inkubálást 37 °C-on 48 óráig végeztem, majd a tenyészetet kiértékeltem. A megjelenő telepek közül a rózsaszíntől a mély bordóig terjedő baktériumtelepeket leszámoltam, majd a filtrert egy csipesz segítségével ráhelyeztem egy 44 °C-on előmelegített epe-eszkulin táptalajra. Ezt a táptalajt 44 °C-on további 2-3 óráig inkubáltam, és a megjelent fekete, illetve sötétes telepeket pozitívnak tekintettem. Ez a feketés szín az eszkulin hidrolíziséből adódik.

Clostridium spp. számának meghatározása membránszűrési technikával:

Ennél a technikánál 50 ml mintát szükséges a 15 cm átmérőjű Petri-csészébe önteni, és ezután 50 ml Wilson agarral leöntve lemezöntésesen, a már ismertetett fekvő nyolcas mozdulatokkal homogenizálva a mintát pihentetni kell a dermedésig. A tenyésztés szakaszában 44-46 °C-os termosztátba kell helyezni a mintát, és 24 óra múlva kiértékelni szükséges. Ha nincs növekedés, az eredmény negatív. Ha fekete, legalább 3 mm-es telepek jelennek meg, akkor a mintát pozitívnak lehet értékelni, és a klasszikus telepszámlálási módszerrel megszámlálni a kinőtt telepképző egységeket.

Salmonella spp. jelenlétének vizsgálata:

A *Salmonella spp.* jelenlétének vizsgálatához az alábbi szabványok ismerete szükséges:

MSZ 318-27:1986

MSZ EN ISO 19250:2013

MSZ ISO 7218:2008.

A *Salmonella spp.* baktérium jelenlétét a vízművek főképp szennyvíziszap, szennyvíziszapból készített komposzt, illetve szennyvízből szokta vizsgálni. Azonban esetenként előfordul, hogy kevésbé szennyezett vizeknél is elvégzik a vizsgálatot. A szennyezett vizekből és szennyvizekből, valamint komposztokból dúsítással, a kevésbé szennyezett vizeknél egyszerű szűrést alkalmaznak. Elsőként a Müller-Kauffman vagy Rappaport-féle dúsítót szokták alkalmazni, melynél 24 óráig 42 °C-os hőmérsékleten inkubálják az adott mintát. Ezután a kioltás történhet XLD agarra, illetve kromogén Rambach aggára. A megerősítő vizsgálatokat oxidáz próbával, ureum és indol tesztekkel, agglutinációs tesztekkel, valamint TSI agaron való szélesztéssel lehet elvégezni. Illetve, ha nagyfokú bizonyosságot szeretne a vizsgálatot végző személy, végig lehet vinni egy biokémiai mérési sorozatot API 20E teszttel is.

A kinőtt táptalajokon a telepmorfológiát a jellegzetes megjelenése alapján lehet értékelni. Az XLD-agaron rózsaszínes, áttetsző telepek jelennek meg, melyek közepe lehet fekete. A

Rambach agaron rózsaszínes, diffúz telepek a jellemzőek. A Bizmut-szulfid agaron a fémes, zöldszerű telepek utalnak a *Salmonella spp.* jelenlétére.

Legionella spp. jelenlétének vizsgálata:

A *Legionella spp.* vizsgálata eltér a hagyományos bakteriológiai vizsgálatoktól.

A rá vonatkozó vizsgálati eljárásrendet a következő dokumentum alapján lehet szakszerűen elvégezni: MSZ EN ISO 11731:2017

A membránszűrési technikát szükséges alkalmazni, a víztípustól függően 10-100-1000 ml-t szűrni fekete háttérű cellulóz-észter alapú membránfilterre. Erre azért van szükség, mert a membránfilteren kinövő *Legionella spp.* telepek fehéres színűek. A szűrés után savas-pufferrel kell kezelni 5 percig a filtert, majd Ringer oldattal átmosni. Ezután a filtert GVPC agarra kell helyezni, és légmentes anaerob környezet biztosítása mellett a 4. naptól kell elkezdni kiértékelni. Továbbá a 2. napon fontos ellenőrizni, hogy van-e növekedés a táptalajon. Amennyiben a háttérflóra túlnövekedett, abban az esetben a vizsgálatot egy másik eljárás szerint szükséges lefolytatni.

A minta kiértékelése során párhuzamosan minta mátrix, valamint klasszikus szélesztési eljárást is alkalmazni szükséges. Az inkubációs idő 10 nap. Telepmorfológiai vizsgálatot sztereo mikroszkóp segítségével lehet végezni. Ami jellemzően a *Legionella spp.*-re utal, az a tükrötjás morfológia. Azaz, a telep szélei épek, szürkés, tejüvegszerűek, valamint a szélei irizálhatnak. Ha fiatal telepről van szó, a közepében fekete pont jelenhet meg. A telepek sokféle színben jelenhetnek meg, azaz lehetnek barna, citromzöld, vöröses árnyalatúak is akár. Amely telepekről feltételezhető, hogy *Legionella spp.*, azokat további vizsgálatokkal kell megerősíteni. Ez azt jelenti, hogy szubkultúrát kell készíteni belőle. GVPC vagy BCYE+cys agarra szükséges kiszéleszteni. Továbbá Columbia véres agarra is szükséges kiszéleszteni, mivel ezen a táptalajon nem fejlődik a *Legionella spp.*, azaz a telepek pozitívását az adja, ha nem nő ki rajta semmilyen telep.

Ezután agglutinációs tesztet kell végezni, mely a pozitív jelenlétet kell, hogy mutassa. Az eredmény kiértékelésénél a legjelentősebb a morfológia, valamint a cisztein auxotrófia.

A vizsgálatok során kiemelt biztonsági szabály, hogy amennyiben pára vagy aeroszol képződhet, kötelező elszívó fülke alatt végezni a vizsgálatot, kiküszöbölve a személyzet fertőződésének veszélyét. A *Legionella spp.* fertőzésre többféle jel utalhat, és a legionellózis tünete sokszor összetéveszthető egy egyszerű nátháéval.

3.4. Kémiai és fizikai mérések

A mikrobiológiai tulajdonságok szorosan összefüggnek a kémiai értékekkel. Pont emiatt, egy mérési sorozat csupán a bakteriológiai értékekkel nem értelmezhető a kémiai értékek összehasonlítása nélkül. Ezek miatt a mérések között az eltelt idő függvényében mind a bakteriológiai, mind a kémiai értékeket megvizsgáltam.

A helyszíni vízmintavétel során megmértem a hőmérsékletet. A víz mintavételezése során nagyon fontos információ a víz hőmérséklete. Mivel októbertől márciusig tartott a vízmintavételezés, ezért a hidegebb időszakra vonatkozó mérési adatok állnak rendelkezésre. Ebből természetesen arra is lehet következtetni például, hogy a nyári időszakban a vizek hőmérséklete magasabb, és a bakteriológiai aktivitása is magasabb a vizeknek. Továbbá az ázott kutak esetében valószínűsíthető, hogy sokkal nagyobb lesz a meleg időszakban a szervesanyagtartalma, amit a szaprobitás, halobitás, és a trofitás is jellemez.

Az alábbi paramétereket vizsgáltam munkám során a kútvizek esetében:

Vízminőségi jellemző	Alsó méréshatár/mértékegység	Határérték	Szabvány
Ammónium	0,02 mg/l	0,2 mg/l	MSZ ISO 7150-1:1992
Nitrit	0,01 mg/l	0,1 mg/l	MSZ 1484-13:2009 1., 2., 3., 4. és 6. fejezet
Nitrát	2 mg/l	50 mg/l	EPA METHOD 353.1:1978
Vezetőképesség	10 μ S/cm	2500 μ S/cm	MSZ EN 27888:1998
pH	-	6,5-8,5	MSZ 1484-22:2009 8. fejezet
Oldott oxigén	%	150%	ISO 17289:2014
Vas	10 μ g/l	200 μ g/l	MSZ EN ISO 11885:2009
Mangán	5 μ g/l	50 μ g/l	MSZ EN ISO

			11885:2009
Arzén	1 µg/l	10 µg/l	MSZ EN ISO 11885:2009
KOI (permanganátos) O ₂	0,2 mg/l	3,5 mg/l	MSZ 448-20:1990
Összkeménység (CaO)	4 mg/l	min. 50, max 350 mg/l	MSZ 448-21:1986 1., 2. és 3. fejezet
Foszfát	0,05 mg/l	15 mg/l	MSZ 448-18:2009 8.1. szakasz

5.táblázat: A kémiai vízminőségi jellemzők alsó méréshatára, valamint az ivóvízre vonatkoztatott határértéke. [59]

Az Alföldvíz Központi Laboratóriuma az MSZ 12749:1993 Felszíni vizek minősége, minőségi jellemzők és minősítés című szabvány melléklete alapján dolgozta ki a határértékeket a fentebbi táblázatban felsorolt mérésekre vonatkozóan. Azért ezeket a mérési értékeket választottam, mert ezek azok, amiket egy kútvíz vizsgálatkérő rendelésénél egy vízi közmű általánosságban javasol.

Disszertációmiban a klór alapú fertőtlenítőszeres hatékonyságának elemzése kiemelt szerepet kap. Ennek oka a klór oxidatív fertőtlenítőképesége, valamint az alkalmazásának, adagolásának és a klórigény számításának a komplexitása.

Ebben a fejezetben később részletesen ismertetett számítások alapján az ammónium-ion, a vas- és mangántartalom, valamint a KOI értékeket ismerve minden egyes vízmintához kiszámítottam a szükséges klórigényt, mely röviden összefoglalva a következő sztöchiometriai összefüggéseken alapszik:

A jelenlévő ammónium, vas, mangán és KOI értéke határozza meg, hogy mennyi klórt szükséges adagolni a vízáadó rendszerbe.

$$\text{Ammónium (NH}_4^+) : X_1 * 0,7607 \text{ mg/L}$$

$$\text{Vas (II): } X_2 * 0,6362 \text{ mg/L}$$

$$\text{Mangán (II): } X_3 * 1,2923 \text{ mg/L}$$

$$\text{KOI: } X_4 * 4,4375 \text{ mg/L,}$$

ahol X_1 a víztestben mért ammónium-ion mennyisége, X_2 a vas mennyiséget, X_3 a mangán mennyiséget, X_4 pedig a KOI mennyiséget jelöli.

Ez által kiszámoltam minden egyes kútvíz esetében az összes klórigényt, utána következett a nátrium-hipoklorit, azaz az alkalmazott ipari hipó klórtartalmának meghatározása. Az ipari hipót a méréshez hígítani kellett, hogy a titrálásos módszerrel mérhető és kimutatható legyen az összes aktív, szabad aktív, valamint a kötött aktív klór. Ezt az MSZ 448-25:1981 szabvány 5. szakasz szerinti „DPD-s titrimetriás módszerrel ivóvízből, ásvány-, és gyógyvízből, felszín alatti vízből, felszíni vízből, mesterséges fürdővízből és szennyvízből 0,2 mg/l fölötti koncentráció tartományban” mérési módszerrel végeztem el. [94]

A klórtartalom meghatározásához a DPD-s módszer szerint a lentebb kifejtett eszközökre és vegyszerekre van szükség: A laboratóriumi üvegeszközök alatt a mérőlombikokat, a kétjelű hasas pipettát, a mikrobürettát értem. Továbbá vegyszerigény a nátrium-hipoklorit oldat 0,1 g/l Cl₂, bidesztillált víz¹⁴, 0,1 mól/l-es nátrium-hidroxid, 0,1 mól/l-es sósav, vas(II)-ammónium-szulfát mérőoldat, 2,5g/l-es tioacetamid oldat, kálium-permanganát törzsoldat I. 1000 mg/l Cl₂, Kálium-permanganát törzsoldat II. 10,00 mg/l Cl₂, a szükséges reagensek (DPD-reagens, vas(II)-ammónium-szulfát mérőoldat).

A vizsgálathoz először egy 250 ml-es Erlenmeyer lombikba bemértem 5 ml DPD reagenst és 10 ml puffer oldatot, majd hozzáadtam 100 ml vízmintát. Ha a minta rózsaszínűvé vált, azonnal titrálhattam vas- ammónium szulfát mérőoldattal elszíntelenedésig. A fogyás a szabad aktív klór mennyiségét mutatta meg Cl₂ mg/l -ben.

Az összes aktív klór meghatározásához egy 250 ml-es Erlenmeyer lombikba bemértem 5 ml DPD reagenst és 10 ml puffer oldatot, 100 ml mintát és kb. 1g KI-ot. Az egészet összeráztam, és 2 percig vártam. Ezután vas- ammónium szulfát mérőoldattal titráltam elszíntelenedésig (a mérőoldat fogyás ml-ben kifejezi az összes aktív klórt 1 liter vízben Cl₂ mg/l értékben). Ha újra rózsaszín lett 2 percen belül, akkor folytattam a titrálást elszíntelenedésig (ebben az esetben a mérőoldat további fogyásával ismét kalkuláltam.)

A kötött aktív klór az összes aktív klór - szabad aktív klór értékéből kiszámolható.

3.5. Biológiai vizsgálatok

A vízművek laboratóriumi vizsgálata során sokféle vizsgálatra van lehetőség. A biológiai vizsgálatok a mikroszkóp alatti vizsgálatokat, a toxicitási tesztek jelentik elsődlegesen. Ebben a részben ezeknek a műveleteknek a folyamatát mutatom be. A vizsgálataim során mikroszkóp alatt a III. számú kútvizet vizsgáltam meg, mivel annak szennyezettsége a fűrt kút

¹⁴ csak olyat lehet használni, amely nem tartalmaz NH₄⁺ -t, klórt és klórmegkötő képességű anyagokat.

jellege miatt nem volt indokolt. Ezért a probléma felderítésének érdekében komplex és átfogó elemzést végeztem.

3.5.1. Mikroszkópos vizsgálatok

A mikroszkópos vizsgálatokat átvilágító, vagy más néven, fénymikroszkóppal szokták végezni, mely vizsgálatot a MSZ 448-36:1985 szabvány ír le.

Az eljárás során a minta homogenizálása után, 10 ml-t bepárló csészébe kell pipettázni, majd 990 ml-t le kell szűrni. Ezután a szűrőpapíron található szesztont ecset segítségével a félretett 10 ml mintába kell „söpörni”. Ezután centrifugálni, majd Pasteur-pipettával a felülúszó részt le kell szívni. Ezután a mintát először minőségi, majd mennyiségi szempontból is értékelni kell. A minőségi vizsgálat az üledékre, valamint a minta jellegére vonatkozik. A mennyiségi vizsgálat pedig a fénymikroszkópos vizsgálat alapján borításos módszerrel, az előforduló szervezetek számának a megállapítását jelenti. A megállapított eredményeket sztöchiometriailag is ki kell számítani a megvizsgált terület és mennyiség figyelembe vételével.

3.5.2. Toxikológiai vizsgálatok (Daphnia teszt; Halteszt; Csíranövény teszt)

A toxikológiai vizsgálatok célja, hogy megállapításra kerüljön az adott vízminta LD50, illetve egyéb, toxikus tulajdonsága. A tesztek azt a célt szolgálják, hogy a toxikusságot, valamint azon mérgező anyagok az adott víztestben megállapításra kerüljenek, melyek az emberi szervezet számára is veszélyesek.

Daphnia teszt: A módszer a *Daphnia Magna Straus* vízibolhát alkalmazza, melynél a letális dózis megállapítása a cél a különböző hígítási fokok esetében. A vizsgálat során figyelembe vett szabvány az MSZ EN ISO 6341:2013.

Az alkalmazott tesztorganizmusok életkora nem haladhatja meg a 24 órát. Ennél idősebb élőlények mortalitása hamis képet is adhat, és nem megfelelő következtetés vonható le.

A tenyésztés során a tületetés és a levegőztetés, valamint a hőmérséklet akár pár fokkal való megváltoztatása kritikus lehet. Az előkészítés során el kell végezni a teszthez a kálium-dikromát érzékenységi vizsgálatot is. A vizsgálat során a vízmintából hígítási sorozatot szükséges készíteni, melynek megállapítása a szennyezettség típusától is függ. Ez lehet például 2x, 4x, 8x, stb hígítású. ezeket 50 ml-es teszttérfogattal lehet vizsgálni. A különböző hígításokhoz, valamint a vele párhuzamos kontrollokhoz 10-10 db *Daphnia magnát* kell a

vízbe helyezni. A kezdeti időpont alkalmával is szükséges megmérni mind a hőmérsékletet, mind a pH értékét. Ezután termosztátban 20°C-on inkubálva 24 óra elteltével meg kell ismételni a mérést. Ekkor megfigyelhető az élő egyedek száma, melyet feljegyezve és kiértékelve pontos információt ad a víz toxikusságát illetően.

Halteszt: A statikus halteszt egy olyan ökotoxikológiai tesztvizsgálat, melynél a vízminta mérgező hatását a tesztszervezetek pusztulási rátája adja. A tesztszervezetek a *Poecelia reticulata* P., és a vizsgálatot az MSZ 22902-3:1990, valamint az MSZ 22902-1:1989 eljárási utasításai szerint lehet elvégezni.

A méréshez a tesztszervezeteket elő kell készíteni a vizsgálathoz, megfelelő kontrollcsoportot állítva, párhuzamosan folytatva a toxikológiai mérésekkel. Ehhez az akváriumokat és a levegőztető rendszert, valamint a haltáplálási időszakot is ki kell számítani. A pH-t és az oldott oxigént le kell mérni. A hígító vízként alkalmazott víz klórtalanított csapvíz, mely 80-120 mg/L CaO-nak megfelelő keménységű víz, és ezt nátrium-kloriddal lehet beállítani.

A mérés során hígítási sort kell készíteni, és a különböző akváriumokba 10-10 darab halat kell helyezni. A vizsgálatot 96 órán keresztül szemmel kell tartani, minden nap fel kell jegyezni a pusztulás mértékét, valamint a hőmérsékletet, az oldott oxigéntartalmat, illetve a pH-t. Minden egyes hígítási sorozathoz tartozik egy kontrollcsoport is. Ha a pH a medencében a folyamat során nagymértékben megváltozik, szükséges a tesztoldatot sósavval vagy nátrium-hidroxiddal az eredeti értékre visszaállítani.

A vizsgálat során 1, 4, 24 óra elteltével, valamint további 24 óránként ellenőrizzük a halak állapotát. Akkor tekinthető elpusztultnak egy egyed, ha a faroknyél érintése reakciót nem mutat. A kontrollcsoportban a pusztulási érték a 10%-ot nem haladhatja meg, ellenkező esetben a vizsgálat érvénytelennek tekinthető.

Csíránövény teszt: A vizsgálat során a tesztszervezet a *Sinapis alba* L., melynek lefolytatásához az MSZ 22902-4:1991, valamint az MSZ EN ISO 6341:1998 szabvány munkautasításai az irányadóak. Röviden megfogalmazva, a csíránövényteszt alkalmával mustármagokat csíráztatva a gyökérnövekedést kell lemérni a különböző hígítású vizek esetében, és ebből a toxikusságra vonatkozó információt levonni.

A vizsgálat megkezdésekor az előkészítés során a Petri-csészékbe szűrőpapírt kell helyezni, azokra kell az elkészített hígítási sorból a vizeket pipettázni. Előzetesen a szűrőpapírra kell helyezni a mustármagokat, majd azokat óvatosan a termosztátba helyezni 20°C-os közegbe 72

órára. A kifejlődött csíraegyedeket a gyökérszőröktől kezdve egyesével le kell mérni, feljegyezni, majd a kapott eredményeket kiértékelni.

3.6. Vízfertőtlenítési lehetőségek

Egyes elméletek szerint, ha a víz kémiai összetétele megváltozik, azaz a pH savas vagy lúgos irányba eltolódik, akkor a benne lévő baktériumközeg élettere is megváltozik. Az élettér megváltozásával a vízakktivitás is megváltozik. Amennyiben ez negatív hatást fejt ki a baktériumok számára, a növekedési ütem csökken vagy megáll, és a fertőtlenítés hatásfoka megfelelő. Így a különböző fertőtlenítő szerek esetében érdemes azt is figyelembe venni, hogy az adott fertőtlenítő szer milyen mértékben tolja el a víz pH-ját. [86]

3.6.1. Vízfertőtlenítő tabletta alkalmazása

A Neomagnol tabletta egy olyan készítmény, mely gyógyszerárban vény nélkül kapható, klorogén-szeszkvihidrát tartalmú, vízben oldódó fertőtlenítő tabletta. Alkalmazása és használata egyszerű, a felhasználási cél szerint többféle töménységben lehet feloldani.

A felhasználási utasítás alapján, ha a cél az ivóvíz fertőtlenítése, akkor 2 db tabletta szükséges 10 liter víz fertőtlenítéséhez. Ahhoz, hogy a pontos mennyiséget adagolhassam fél liter vízhez, lemértem 10 db tabletta súlyát, és mozsárban szétporlasztottam. A tabletták száma, illetve összsúlya alapján számítva a szükséges mennyiség 0,5 liter vízhez 0,17 g. Az adagolása közvetlenül a vízkivétel előtt történt, az előre előkészített fertőtlenítőszer beletettem az üvegbe, és rátöltve a fél liter vizet homogenizáltam.



3. kép: Neomagnol tabletták. Készítette: Szerző.

Egyéb alternatív lehetőségek között még érdemes felsorolni a többi, gyógyszerárban is kapható szert, mely vizek kezelésére alkalmas lehet. Ezek között a Hiperol tabletták és a Katadyn közismert, azonban alkalmazásuk során az ezzel kezelt víz nem lesz ivóvíz minőségű, mivel olyan kémiai komponensek maradnak a vízben, ami miatt emberi fogyasztásra nem lesz alkalmas. Viszont, ha a vízben feloldva a kívánt töménységű fertőtlenítő hatást elérte az oldat, akkor az így kezelt víz megfelelő lehet takarításra, tisztításra, tárgyak felületi fertőtlenítésére.

A jód a halogének csoportjába tartozik, fertőtlenítő hatása közismert. Azonban az alkalmazandó kísérleti szerek közé azért nem került be, mert a víztisztítás során nem az elemi jód, hanem valamelyik jodofór tartalmú tisztítószer lehetne alkalmazni inkább. A jodofórok szintén inkább a felülettisztítás, felületek fertőtlenítésében játszanak nagy szerepet, de emberi fogyasztásra nem alkalmasak. Ebből adódóan az ivóvíz célú víz fertőtlenítésére sem megfelelő. A tisztítás során egy nem ionos tenzid vegyülettel alkot komplexet az elemi jód. Mivel a bomlása során a jód kimerül, és ezt a kimerülést a fehérjék, az ezüst, a lúgok, illetve redukáló anyagok gyorsítják, emiatt más szerekkel még csak keverni sem lehet. Hatásspektruma baktericid, virucid, illetve fungicid. [95]

A kálium-permanganát egy igen erős oxidatív szer. Ebből adódóan a fertőtlenítő hatása közismert. Azonban emberi fogyasztásra nem alkalmazható. Így ivóvizet vele, házi víztisztítás

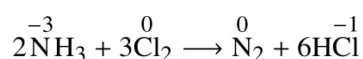
során nem lehet előállítani a segítségével. Viszont kiváló tisztító és fertőtlenítő hatása van, és az ipari víztisztítás során a vízkezelésekben a pehelyképzés során alkalmazzák.

3.6.2. Nátrium-hipoklorit alkalmazása

A klóros fertőtlenítés már régóta ismert. A víztisztítás, vízkezelés során is előszeretettel alkalmazzák. Egyes elméletek szerint, a kockázatértékelés szempontjából fontos figyelembe venni, mekkora mennyiséget érdemes minimum, illetve maximum mennyiségben hozzáadagolni a vízhez, hogy a megfelelő csíraszám csökkentési hatást el lehessen érni. Ehhez szükséges ismerni az adott víz mikrobiológiai szennyezettségét, valamint a kémiai összetételét is. A nátrium-hipokloritos fertőtlenítés az ipari klórozás egyik gyakran alkalmazott fertőtlenítőszer. Az adagolása során figyelembe kell venni, hogy esetlegesen milyen kémiai melléktermékek keletkeznek, mi csapódik ki a vízből, illetve hogy az emberi fogyasztásra szánt víznek ne legyen egészségkárosító hatása. Vagy legalábbis a fertőtlenítőszer által okozott negatív hatás mértéke jóval kisebb kockázattal kell, hogy járjon, mint a mikrobiológiai kockázaté. [96]

Az ammónium-ion tartalmú vizekben a klórigény kétféleképpen is számolható: vagy töréspontig van klórozva a víz, vagy pedig monoklór-aminos fázisban marad.

Az első eset, amikor is töréspontig van klórozva a víz. Ebben az esetben az ammónium-nitrogén tömegkoncentrációjának 7,6 szorosát adagolva a klórból az összes ammónia nitrogént elemi nitrogénné oxidálódik:

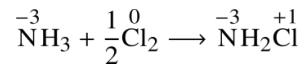


$$2 \cdot 14 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \Leftrightarrow 3 \cdot 71 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

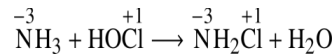
$$\frac{m_{\text{Cl}_2}}{m_{\text{NH}_4\text{-N}}} = \frac{3 \cdot 71}{2 \cdot 14} = 7,607 \text{ w/w}$$

Miután az összes ammónium-ion elfogyott, a további hozzáadott klór szabad aktív klórként lesz jelen.

A másik lehetőség az lenne, hogy monoklór-aminos fázisban marad a rendszer. Ehhez az szükséges, hogy csak annyi klórt érdemes adagolni, amennyi hatására majdnem az összes ammónia-ionból monoklór-amin keletkezik.



A fenti egyenlet csak szimbolikus, ahol a Cl₂ az aktív klórformákat szimbolizálja. Az alábbi reakció leírása valóságához hűbben tükrözi a lejárló reakciót:



Ekkor egy olyan összetett egyensúlyi reakció játszódik le, melynél egy hozzávetőlegesen ötszörös szorzóval számolva a klór tömegkoncentrációját az ammónium-nitrogén koncentrációjához képest, és ahol az összes ammónium-ion monoklór-aminná alakult, de ekkor még a monoklór-amin bomlása nem indul még be:

$$\frac{m_{\text{Cl}_2}}{m_{\text{NH}_4\text{-N}}} = 5$$

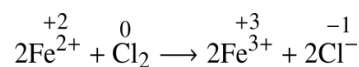
Ebben az esetben szabad klór nem lesz jelen, ha a reakció nem megy el egészen a töréspontig. Maga a monoklór-amin, ami ebben az esetben kötött aktív klór, kifejt egy valamekkora fertőtlenítő hatást, de az 10-100-szor gyengébb a szabad klórhoz képest. Egy hálózat tisztításához ez egyébként azért lehet hasznos, mert elméletben hosszabban tart, és ez által a biofilm képződését és növekedését is jobban visszaszorítja.

Ekkor a teljes klórigény:

$$c_{\text{Cl}_2} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = 5c_{\text{NH}_4\text{-N}} + 0,6362c_{\text{Fe}^{2+}} + 1,2923c_{\text{Mn}^{2+}} + 4,4375c_{\text{KOI}} + c_M$$

Azonban érdemes a monoklór-aminos mérést elhagyni, és helyette a törésponti klórozásig elmenni.[97] Ekkor a vas-mangán tartalom, illetve KOI értékek alapján a klórigényt ki lehet kalkulálni. Ehhez szükséges egy előzetes kémiai mérést végezni a fentebb felsorolt kémiai paraméterekből.

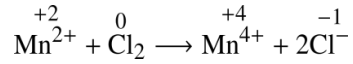
Vas(II) oxidáció klórfogyasztása:



$$2 \cdot 55,8 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \Leftrightarrow 71 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$\frac{m_{\text{Cl}_2}}{m_{\text{Fe}^{2+}}} = \frac{71}{2 \cdot 55,8} = 0,6362 \text{ w/w}$$

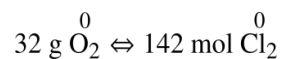
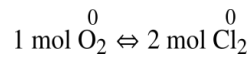
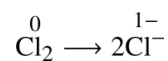
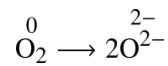
Mangán(II) oxidáció klórfogyasztása:



$$54,94 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \Leftrightarrow 71 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$\frac{m_{\text{Cl}_2}}{m_{\text{Mn}^{2+}}} = \frac{71}{54,94} = 1,2923 \text{ w/w}$$

A szervesanyag oxigénfogyasztása nem becsülhető előre, mert a szerves anyag nem fogyasztja el olyan gyorsan az aktív klórt, mint a redukált vas(II) és mangán(II). Az alatt az idő alatt, amíg a szerves anyag nem redukálja teljesen, az aktív klór fertőtlenítő hatást tud kifejteni. A KOI alapján ez a számítás alkalmazható közelítésként, tapasztalati mérések alapján:



$$\frac{m_{\text{Cl}_2}}{m_{\text{KOI}}} = \frac{142}{32} = 4,4375 \text{ w/w}$$

1 mol KOI O₂ -vel közelítő becslésként két 2 mol Cl₂ lesz egyenértékű (az oxigénatom oxidáció fok változása -2, a klóratomé -1 az oxidáció során).

A várható összegzett klórfogyasztás az alapján alakul, hogy mennyi a minimálisan szükséges aktív Cl₂ mennyisége az ammónium-nitrogén, a vas(II) és a Mn(II) tömegkoncentrációból kiszámítva:

$$c_{\text{Cl}_2} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = 7,607c_{\text{NH}_4\text{-N}} + 0,6362c_{\text{Fe}^{2+}} + 1,2923c_{\text{Mn}^{2+}} + 4,4375c_{\text{KOI}} + c_M$$

Ebben az esetben a c_M a megkívánt maradék aktív klór koncentráció a vas(II), mangán(II) és az ammónia oxidációja után.

A klór alapú fertőtlenítőszerrel közül a klórgázt ipari, üzemi körülmények között használják, megfelelő végzettséggel rendelkező szakemberek jelenlétében. A hipót nagyobb és kisebb vízmennyiség esetében is sikeresen lehet alkalmazni.

3.6.3. Forralás

A víz csíraszámának csökkentésére a hőterhelés alkalmazása már igen régóta elterjedt módszer. Már az ókori Kínában is forralták a vizet, mielőtt megitták. A teázás kultusza is annak köszönhető, hogy az éppen forralt vízbe belehullott a teafa levele, és kellemes ízt kölcsönzött az itálnak.

A vízforraláshoz többféle módon lehet közelíteni. A mérések során kétféle módszert alkalmaztam. Egyik esetben a forralás pillanatáig melegítettem a vizet, majd levettem a tűzhelyről, míg a másik esetben a forrástól számítva plusz 5 percig melegítettem a mintát. A mérések során olyan kútvizet választottam, ahol az össztelepszám magasabb volt, mint 500. A mérések során rögzítettem a hőfokot a forrás pillanatában, valamint plusz 5 perc során is.

A megfigyelt forralási hőfokot, illetve a forrás beindulásának időpontját minden minta esetében feljegyeztem. Érdekes megfigyelés volt, hogy habár ugyanakkora térfogatú, ugyanolyan falvastagságú hőálló üveg mérőpoharat használtam, egyik laposabb, nagyobb átmérőjű, a másik keskenyebb volt. Ugyanabból a vízmintából arra számítottam, hogy egyszerre fog felforni a két párhuzamos vízminta. Azonban a magasabb, vékonyabb kialakítású pohárban gyorsabban kezdett forni a víz.

A forraláshoz vízmintánként 2 X 50 ml-t készítettem elő az elszívófülke alatt a steril főzőpohárba, és a forralás közben ellenőriztem a hőmérséklet emelkedést. Amint elkezdett forni a vízminta, egyiket levettem a tűzhelyről, feljegyeztem a forrási hőmérsékletet. A másik

vízmintát pedig még 5 percig forraltam a forrástól számítva, és felírtam itt is a végső hőmérsékletet. Az elszívófülke alatt a vízmintát, miután szobahőmérsékletre visszahűlt, 450 ml desztillált vízzel egészítettem ki. A mérések kiértékelésénél figyelembe vettem a hígítási fokot (10^{-1}). Egyes esetekben a forralás miatt nem volt teljesen 50 ml a víz minta, de minden esetben tartottam a 450 ml hígítási arányt.



4. kép: Vízminták forralása, valamint a forráspont mérése. Készítette: Szerző.

3.6.4. Vízsűrő berendezések

Ha összehasonlítjuk az I. és a II. fűrt kút eredményeit, akkor megkapjuk az ioncserélős vízsűrő tisztítási hatékonyságát. A képlet persze így egyszerűsítve van, hiszen az említett példában egy sor egyéb körülmény is közrejátszik.

Az említett kút esetében a fúrás az egyik mélyebb, jó minőségű vizet érinti, amely eredménye ez által már a szűrés előtt is igen jó. Az ioncserélős vízszűrő azonban képes eltávolítani a bakteriológiai szennyezettség mellett az olyan kémiai paramétereket is, melyek bizonyos határértékeket meghaladva károsítják az egészséget. Ilyen például az arzén, a vas, a mangán, és egyéb vízdoldott komponensek.

A vízszűrők működési hatékonyságát többféle eljárás adhatja. Lehet ez ioncserélős gyanta, mely azon az elven alapszik, hogy kettős szűrőrendszerével az anionokat, illetve a kationokat leválasztja. A gyanták cserélhetők, regenerálhatók.

A másik típusú szűrőberendezés a reverz ozmózisra alapuló szűrés. Ebben az esetben a nyomásviszonyok mesterséges kialakításával a szűrőn a víz részei átréselődnek, azonban a bakteriológiai, fizikai részek, valamint a kémiai komponensek nagy része nem jut át. [99]

3.6.5. Egyéb alternatív lehetőségek

A III. számú kút egy mélyfúrású kút. Ebben az esetben a mért eredmények reprezentálják egy fertőtlenítési folyamat hatásfokát. Mélységét tekintve ez a békéscsabai kút megfelelő vízadó rétegből származik. Sajnálatos módon a fúrás során a megfelelő fertőtlenítési és bélési folyamatok elmaradtak a kialakítás következtében. Ez abból is látható, hogy az első mérések során a *Pseudomonas aeruginosa* telepképző egységeinek a száma igencsak magas volt. (Már 1 db telepképző egység megjelenése is nem-megfelelőséget okoz.) Ezért többféle tisztítási folyamatot is végigvitt a tulajdonosa, mely szakaszoknál minden esetben hozott a laboratóriumba is vízmintát. Az ezekből a mérésekből készített elemzési sorozat tökéletesen tudja reprezentálni egy erősebb bakteriológiai szennyezés felszámolásának lépéseit a kútrendszeren belül.

További megoldás lehet még az UV-lámpás fertőtlenítés [99], a mikrohullám alkalmazása, vagy az egyéb, nagy frekvenciájú hullámhatás. Ezek szakszerű alkalmazásához már olyan mértékű ipari berendezések sügégetetnek, melyek egy háztartás számára nem adóttak.

A víznek a tisztítása mindig függ attól is, mire szeretnénk felhasználni. Ugyanis ivóvízre szánt vizeknél teljesen más tisztaság a megfelelő, mint például laboratóriumi gyógyszergyártásnál.

További lehetőség a biodegradációs eljárások [100], melyek kisüzemi tisztítás során alkalmazhatóak. Azonban az egyéni víztisztítás során a mikroorganizmus tenyészetének fenntartása, valamint a megfelelő sterilitás alkalmazása nehezen kivitelezhető. Decentralizált vízellátási egységeknél mindezek hatékonyan és jól alkalmazhatóak. [101]

3.7. Részkövetkeztetések

Ebben a fejezetben a vízminőség vizsgálat során a laboratóriumokban elvégzett vizsgálati módszerek közül a legtipikusabbakat mutattam be.

A vízvizsgálat esetén nagyon fontos a megfelelő vízmintavétel. Már ezen a ponton kritikus a mérés, mivel a nem megfelelően levett minta megghiúsíthatja a vizsgálat hitelességét. A vizsgálat kiválasztása előtt vízvizsgálati tervet szükséges készíteni. Ez azért szükséges, mert ez alapján látható, milyen eszközigény kell, valamint a vízminta mennyiségét is determinálja. A vizsgálat meghatározásához szükséges ismerni a vízadó típusát, a megközelítőlegesen szennyezettségi fokát (szennyvíz minőségű, bűdös, zavaros víz; vagy esetleg fürdővíz; vagy akár tiszta artézi vízről van szó, stb).

A privát kutak esetében a felhasználó saját érdeke, hogy ismerje a kútjának vízminőségét, valamint időszakosan ezt a vizsgálatot ismétlődő jelleggel elvégeztesse. A fogyaszthatóságra vonatkozólag mind a kémiai, mind a mikrobiológiai értékek mellett a küllemét is fontos megfigyelni a víztestnek. Az organoleptikusan elvégezhető vizsgálatokat egészen addig, míg nem ismert a víztest összetétele, tilos elvégezni.

Amennyiben a víz kissé szennyezett, érdemes megvizsgálni annak a lehetőségét, hogy a kutat szükséges-e fertőtleníteni, vagy pedig vízsűrő berendezésbe fektetni. Amennyiben a víz kiváló minőségű, akár a hálózati vízellátást is ki lehet vele váltani.

Ha nem megfelelő a vízminőség, a tervezett vízfelhasználás céljától függően a vegyszeres kezelést is érdemes fontolóra venni. Házilag ugyan nem lehet cél a folyamatos adagolás, azonban szakaszosan érdemes egy-egy nagyobb vízfelhasználási időszak előtt ezt az opciót is számításba venni.

Amennyiben a bakteriológiai vagy biológiai minősítés során nem megfelelőség lett a vizsgálat eredménye, a vízadó kút környékét érdemes megvizsgálni, hogy található-e olyan objektum vagy szennyező forrás, mely kiiktatásával a vízbázis minőségi romlása megszüntethető. Például ha mezőgazdasági terület van a közelben, akkor érdemes a kiadagolt vegyszert a földterület másik irányából kihordani. Ha állattartó telepet üzemeltet a kút tulajdonosa, akkor a trágyázást, valamint az egyéb szennyező forrást a lehető legtávolabb kell a kút közeléből helyezni. Mindezek a lépések segíthetnek a vízminőség javulásában.

Ha minden lehetséges lépést megtett a kút tulajdonosa, és a szennyezés még mindig fennáll, akkor a helyi fertőtlenítési eljárásokat szükséges alkalmazni. Azaz forralni, UV lámpával fertőtleníteni, klórtartalmú tablettát adni a víztesthez.

4. SAJÁT VIZSGÁLATOK ÉS EREDMÉNYEIK ELEMZÉSE

4.1. Vízmintavételezési adatok

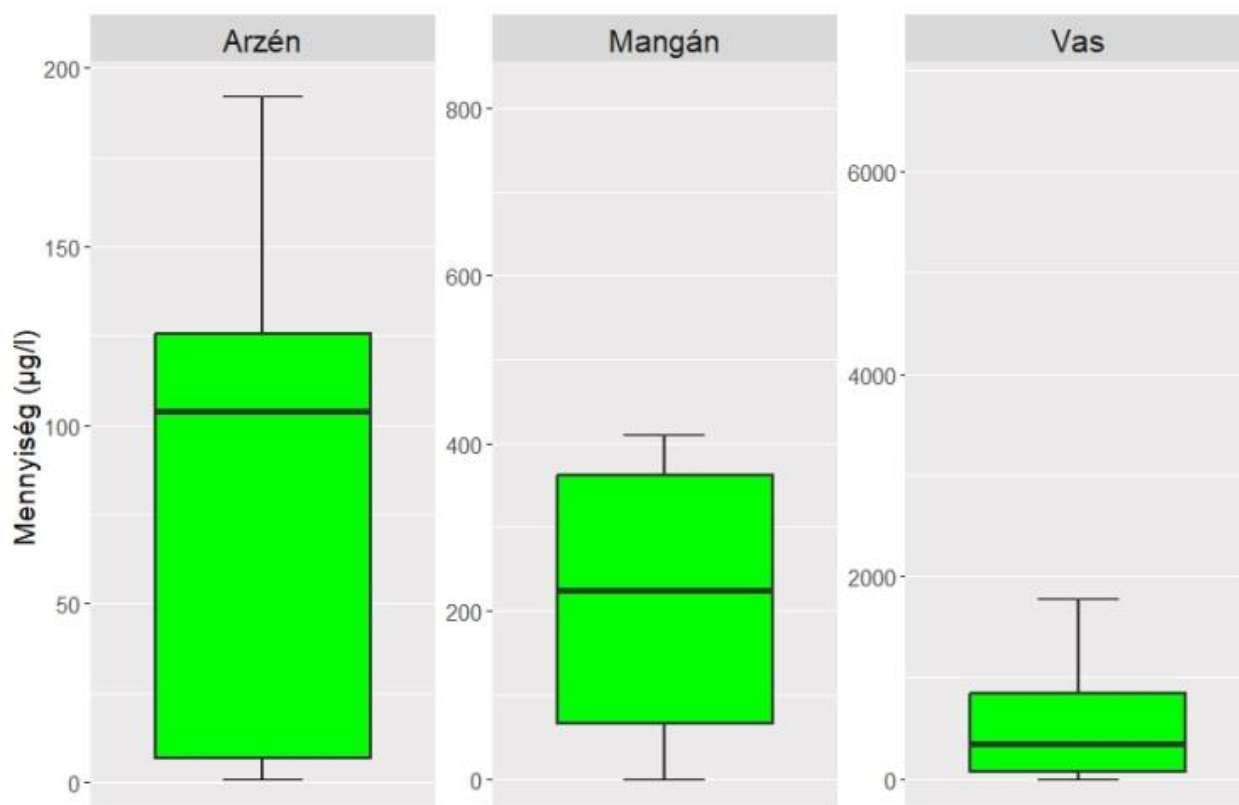
Az elemzés során három szakaszt különíték el: a fúrt kutak eredményeit, az ásott kutak eredményeit, valamint a harmadik egységben az első két kút alapján a víztisztító berendezés működési hatásfokát, illetve a III. számú kút esetében a belső hálózati víznyerő rendszer tisztítási hatásfokát. Mindezt az egymást követő tisztítási szakaszok időbeli lefolyásának nyomon követésével vizsgálom.

4.2. Fúrt kutak mérési eredménye

A fúrt kutakból összesen 10 vizsgált kút volt, melyen a fertőtlenítési kísérletsort komplexen végigvittem. Ezek mindegyikén két körös vizsgálatot végeztem. A minőségi elemzés során kiemelt szerepet kapott a főkomponens analízis (angolul PCA, azaz Principal Component Analysis). Ezt a kémiai paraméterek kiértékelésénél alkalmaztam, melyek elemzését grafikonokkal és táblázati értékekkel ismertetek. A főkomponens analízis röviden egy olyan statisztikai eljárás, mely többváltozós környezetben adatredukcióval az adatok lényegi tulajdonságait megtartva a dimenziókat lecsökkenti. [102]

A főkomponens elemzés lényege, hogy a nagy adathalmazból a lehetségesen korreláltható változókat lineárisan korrelálhatatlan változói értékészletté alakítsa át. Ezek az átalakított értékészletek a főkomponensek, melyek száma kisebb vagy egyenlő az eredeti változók számához képest. Az első főkomponens rendelkezik a legnagyobb varianciával a többihez képest. [103]

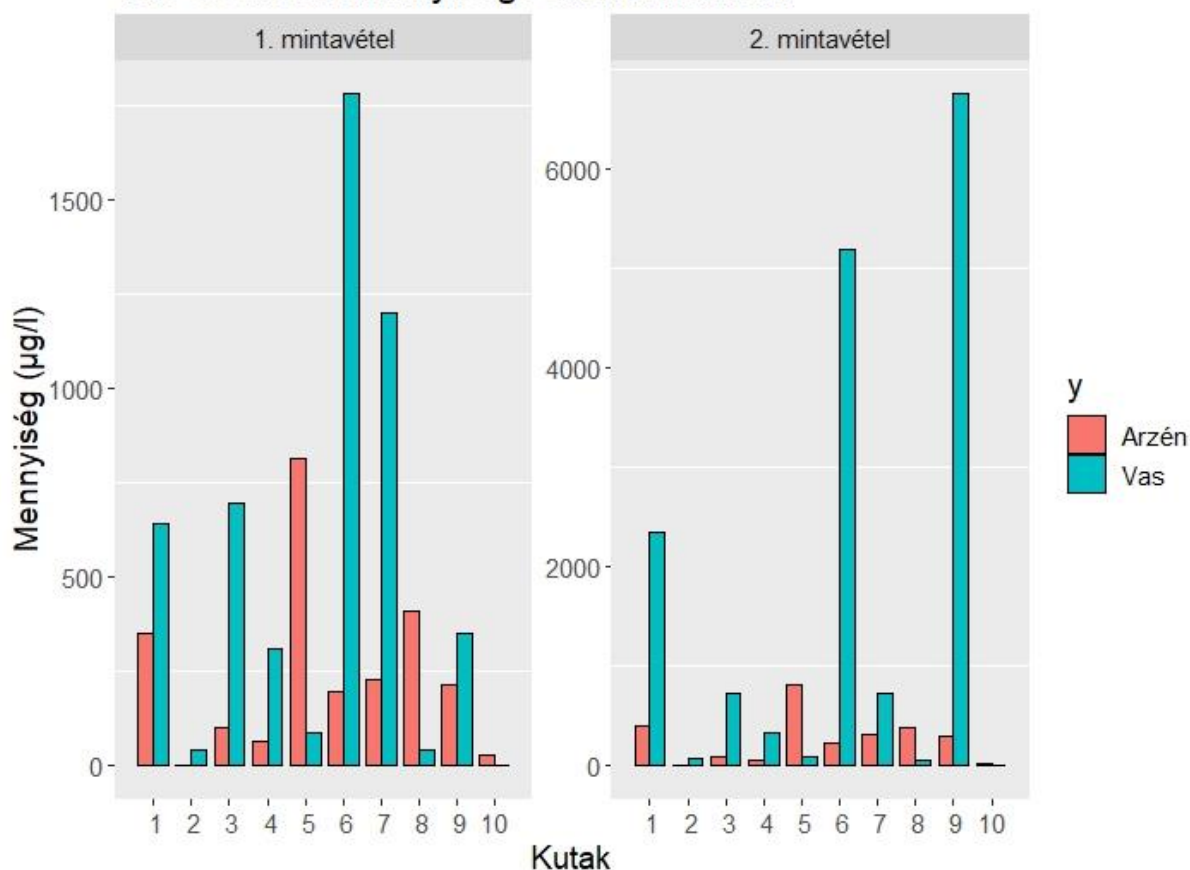
A fúrt kutakban az arzén, a mangán és a vas mennyiségének az arányát a következő ábra szemlélteti:



12. ábra: Az arzén, vas és mangán mennyiségének ábrázolása doboz (box plot) módszerrel fűrt kutak esetében. Készítette: Szerző.

Ebből jól látszik, hogy az arzén a határértéknél magasabb értéket mutat. A jogszabály 10 µg/liter értéket engedélyez, mely átlaga a legtöbb esetben magasabb volt. Mindez a vízművek számára is problémát jelent, mivel a Dél-Alföld területének egyik legnagyobb gondja a határérték feletti arzén. A magasabb vastartalom vastagbélgyulladást tud okozni, így a vas- és mangántalanítás egy fontos tényezője a víztisztításnak. A keletkező melléktermékek az eljárástól függően veszélyes hulladéknak számítanak. [96]

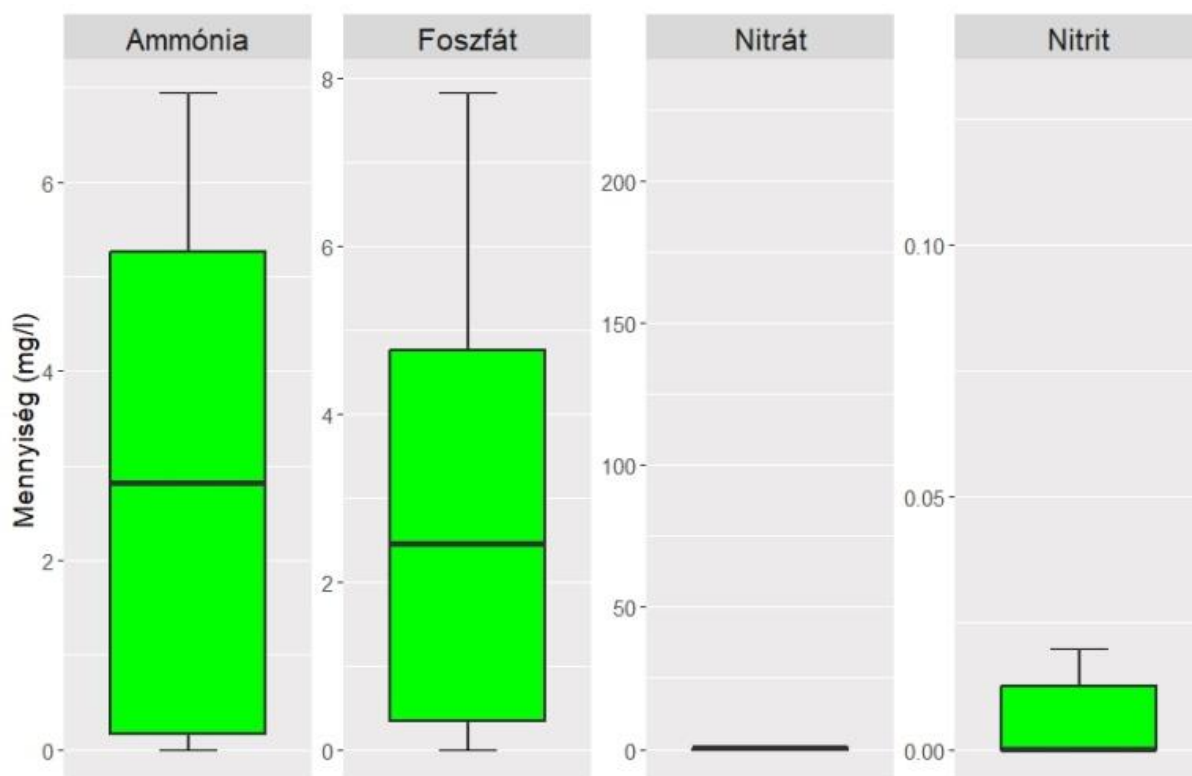
Vas és arzén mennyisége a fűrt kutakban



13. ábra: vas és arzén mennyisége az első és második körös mintavétel során a fűrt kutakból.

Készítette: Szerző.

Ezen az ábrán a vas és arzén mennyiségének összehasonlító elemzése látható, mely értékek azt mutatják, hogy időben változó a kutakba beszivárgó vas és mangán mennyisége. Például a 6. számú kútnál az 1500 µg/l értéket is meghaladva az egyik legmagasabb érték volt a kutak között. A második mérési sorozatban is igen magas értéket mutatott. A 9. számú kút ennél is magasabb értéket mutatott a második mérés során, melynek az lehet az oka, hogy az október-november között eltelt időszakban az esőzések és az antropogén kontaminációs hatás is megmutatkozik a mért értékekben. [104]

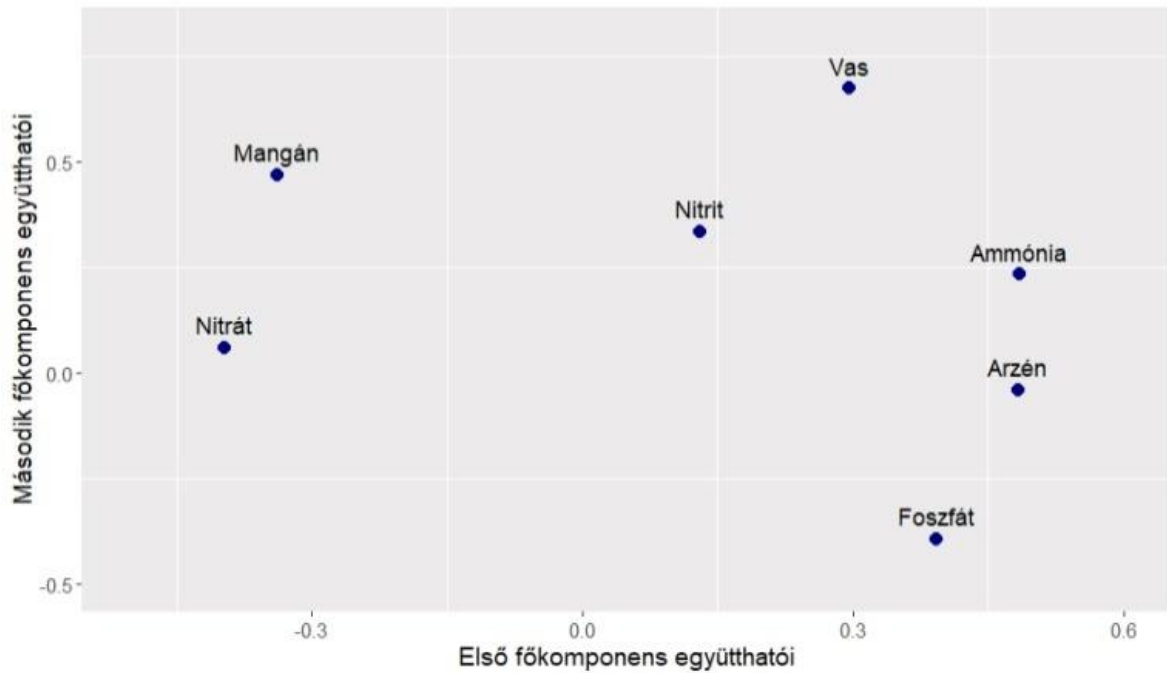


14. ábra: Ammónia, foszfát, nitrát és nitrit tartalom a fűrt kutakban. Készítette: Szerző.

Az alábbi doboz ábrán az ammónia, foszfát, valamint nitrát és nitrit összesített eredményeit lehet látni. A foszfát jelenléte mindenképp szennyeződésre utal. Az ammónia talajvíz általi szennyeződést jelezhet, melynek eredete származhat például az állattartó telepek trágyájának a bemosódásából vagy a mezőgazdasági műtrágyázásból. A nitrit és nitrát a felnőtt emberek számára is veszélyes lehet nagyobb mennyiségben, azonban a csecsemőkre azért veszélyes, mert az ő tápcsatornájukba bekerülve a nitrátredukáló baktériumok elszaporodhatnak, ami a gyomor pH-értékét eltolhatja. Ezáltal a vér hemoglobinszállító képessége is megváltozik, és fulladásos halálhoz vezethet.

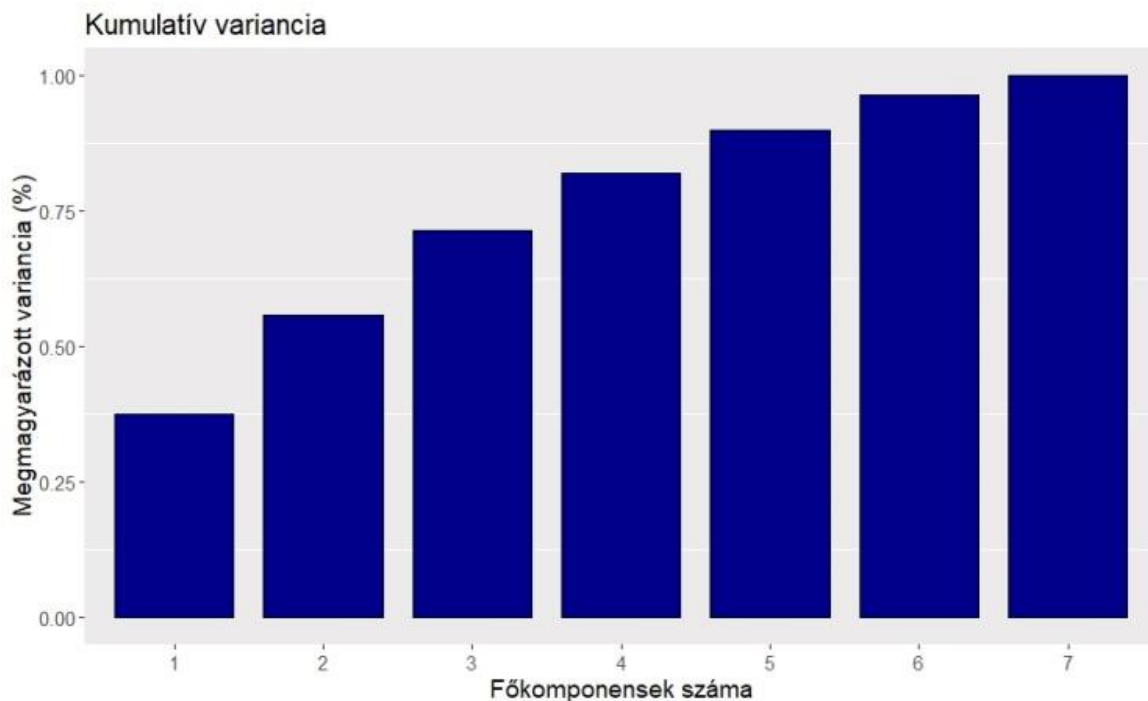
Ha a kutak vizében az ammónia megjelenik, az friss szennyezettségre utal. Idővel átalakul nitráttá, majd nitritté. Ebből következik, hogy ha a kutakban csak nitrit van jelen kisebb mennyiségben, az azt jelzi, hogy a szennyeződés már régebben került a víztestbe. [12]

A következő ábrán az első és második főkomponens együtthatói egymáshoz viszonyított arányaiban vannak ábrázolva. Ezen az ábrán a korrelációk alapján számított súlyozási értékek figyelembe vételével az egymásra hatással levő tényezők arányai figyelhetők meg. A két főkomponensnek az egymáshoz viszonyított helyzetének térbeli elhelyezkedését mutatja meg az 4. számú ábra.



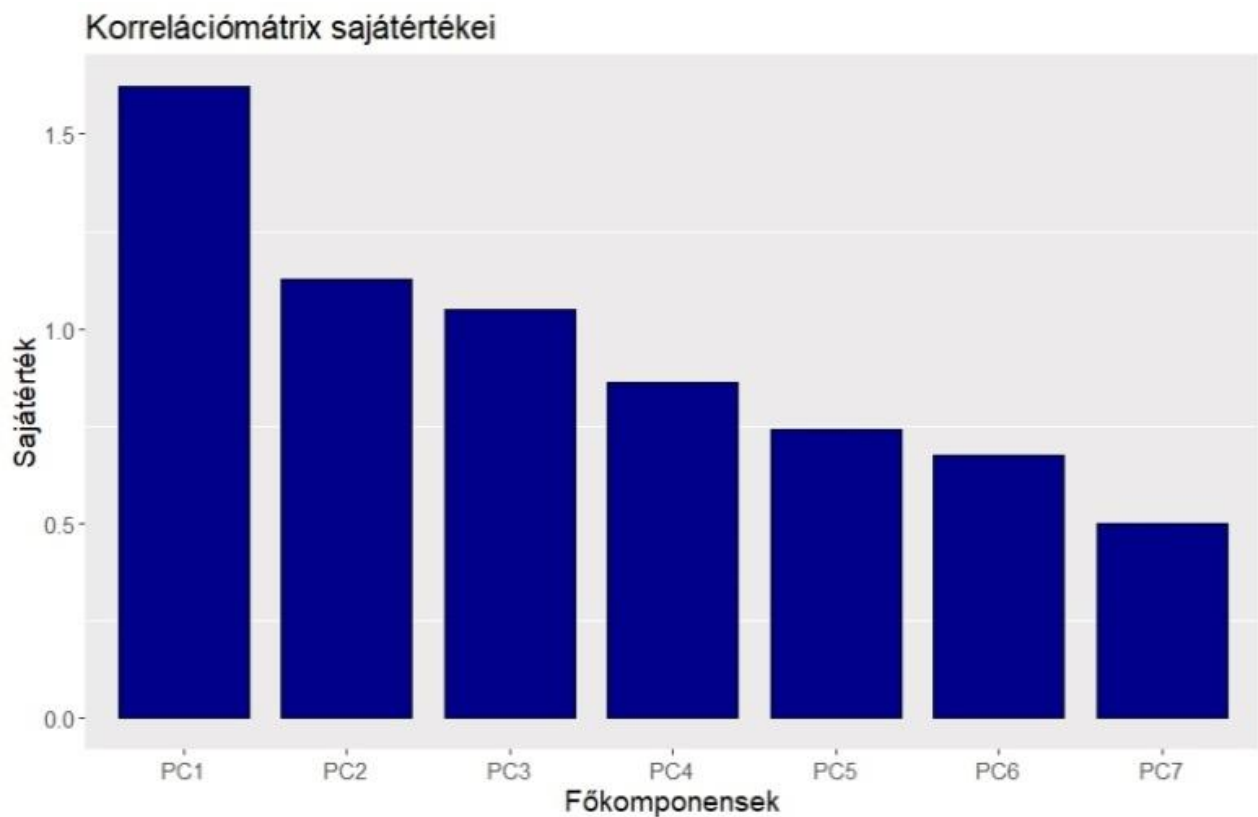
15. ábra: Első és második főkomponens együtthatóinak közös ábrázolása pontdiagram segítségével. Készítette: Szerző.

A kumulatív variancia ebben az esetben azt mutatja meg, hogy a főkomponensek száma, valamint a hozzá társított variancia milyen arányban van egymással. A variancia, vagy szórásnégyzet lehetővé teszi az összehasonlítását a különböző adathalmazoknak. Ebben az esetben a főkomponensek számához tartozó variancia százalékos értékét lehet látni.



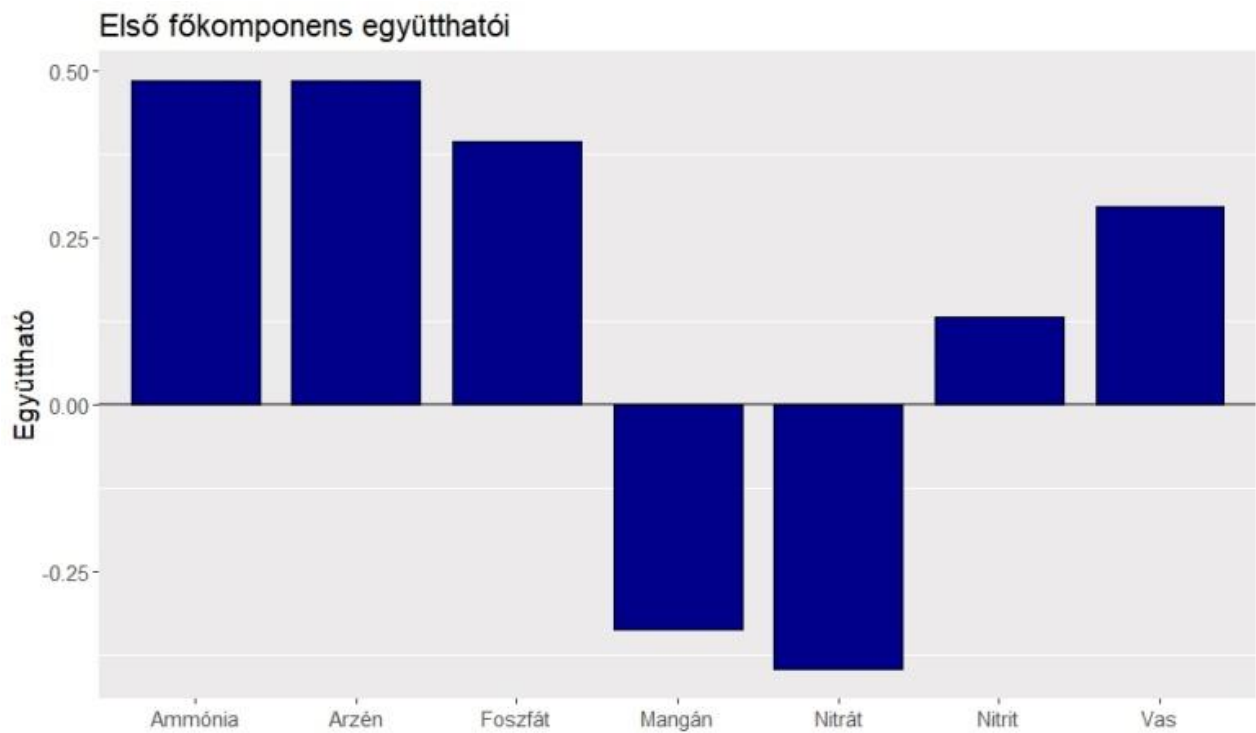
16. ábra: A főkomponensek és a megmagyarázott variancia függvényének százalékosított értékei. Készítette: Szerző.

A korrelációmátrix azt mutatja meg, hogy milyen a lineáris kapcsolat a valószínűségi vektorváltozók egymáshoz viszonyított értékeinek függvényében. Ebben az esetben a sajátértékek és a főkomponensek vannak összehasonlítva. A sajátérték és a főkomponensek számainak változásával elérhető adatvesztés nélküli leeredukált adattartomány maga a korrelációmátrix. A főkomponensek számát le kell szűkíteni, melyet a következő diagram jól szemléltet. Lényegében a főkomponensek fontosságának a csökkenését szemlélteti. [102]



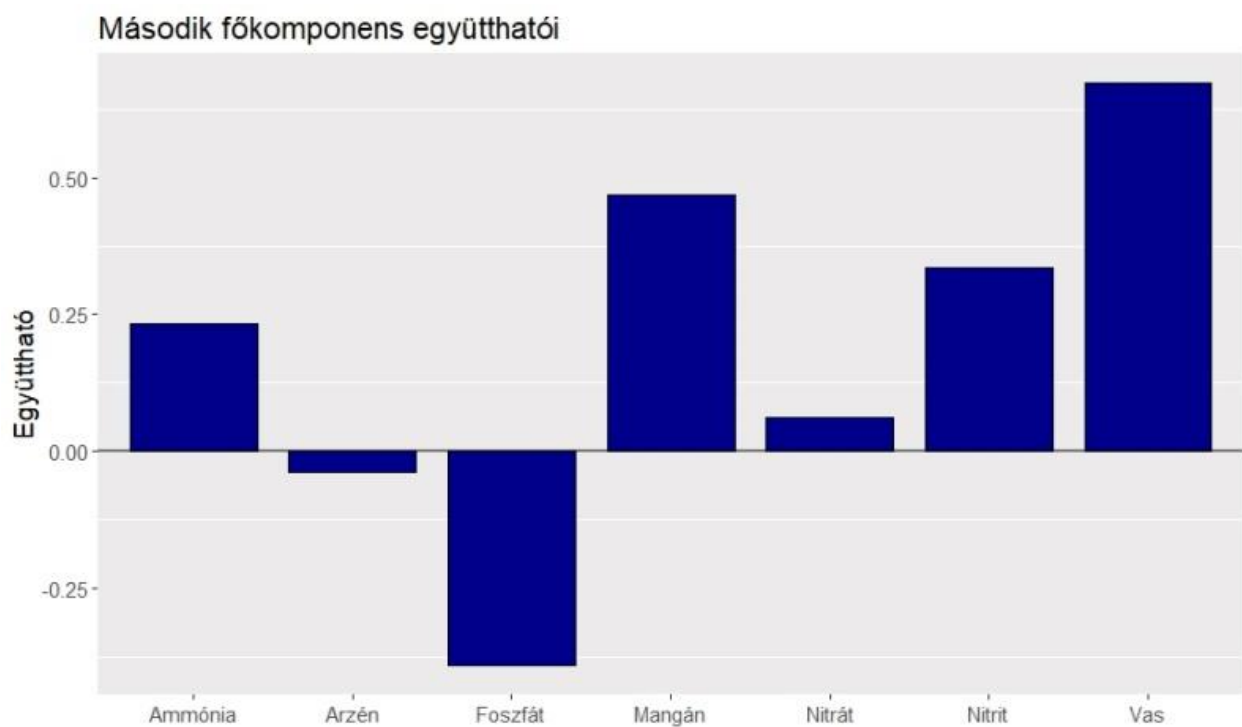
17. ábra: A főkomponensek és a sajátértékek változóinak összehasonlított aránya. Készítette: Szerző.

A következő két ábrán az első és második főkomponens együtthatóinak a súlyozott értékei láthatók, és a hozzárendelt számértékek viszonyát. Ezek az értékek a pozitív és negatív irányba való korrelált adatok együtthatóinak számszerűsített részletét mutatják meg.



18. ábra: Első főkomponens együtthatóinak összefüggés-vizsgálata fűrt kutak esetében.

Készítette: Szerző.



19. ábra: Második főkomponens együtthatóinak összefüggés-vizsgálata fűrt kutak esetében.

Készítette: Szerző.

A kémiai paraméterek kiértékelése után a mikrobiológiai megfelelőség és a fertőtlenítési hatásfokot elemzem. Az ivóvízre vonatkozó határérték szerint a maximálisan megengedhető telepképző egységek száma 500 TKE. [105] A következő táblázat azt mutatja, hogy az első körös mérés során lefuttatott Neomagnolos fertőtlenítés nagymértékben visszaszorította mind a telepképző egységek számát, mind pedig a jelenlévő egyéb indikátor baktériumok telepképzését. A tíz fűrt kútnál két olyan eset volt, ahol a Neomagnolos fertőtlenítő szerrel való kezelés során is a TKE szám nagyobb volt, mint 500. Azonban ezen esetekben a kiinduló állapotokat figyelembe véve, a fertőtlenítő eljárás során tizedére, vagy még jobban lecsökkentette ezt az értéket.

	I.		II.		III.		IV.		V.		VI.		VII.		VIII.		IX.		X.		
	Békéscsaba 94 m fűrott	Békéscsaba 94 m fűrott	Békéscsaba 95 m fűrott	Békéscsaba 80 m fűrott	Békéscsaba 70 m fűrott	Békéscsaba 84 m fűrott	Békéscsaba 94 m fűrott	Békéscsaba 80 m fűrott	Békéscsaba 70 m fűrott	Békéscsaba 84 m fűrott	Békéscsaba 94 m fűrott	Békéscsaba 84 m fűrott	Békéscsaba 94 m fűrott	Békéscsaba 84 m fűrott	Békéscsaba 94 m fűrott	Békéscsaba 84 m fűrott	Békéscsaba 94 m fűrott	Békéscsaba 84 m fűrott	Békéscsaba 94 m fűrott	Békéscsaba 84 m fűrott	Békéscsaba 94 m fűrott
Mintavétel helye:	Békéscsaba																				
Kút mélysége:	94 m																				
Kút típusa:	fűrott																				
Egyéb információ:	víztisztító előtti víztisztító utáni komplex kezelé öntözőre használt kerti kút																				
Víz hőmérséklete mintavételkor:	2019.10.15 13,0 °C	2019.10.15 15,0 °C	2019.10.15 13,5 °C	2019.10.21 13,0 °C	2019.11.11 13,5 °C	2020.02.10 13,5 °C	2019.11.10 13,5 °C	2019.11.10 14,5 °C	2019.11.10 14,0 °C	2019.10.16 15,0 °C	2019.10.15 14,5 °C	2019.10.17									
Mintavétel ideje:	5	74	1148	7828	15	10298	2913	1710	289	31											
Első körös mérés	Normál mérés /alapmérés/ Neomagnolis fertőtlenítés (0,2 mg /L)	Összcíraszám 37°C-on	713	188	860	5000	119	17000	2881	1710	453	99									
		Összcíraszám 22°C-on	0	0	4	0	0	0	0	0	10	0	4								
		coliform	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
		Escherichia coli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
		Pseudomonas aeruginosa	0	0	100	4	11	80	300	0	0	58	0								
faec. Enterococcus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0										
Mintavétel ideje:	2019.10.15		2019.10.15		2019.10.21		2019.11.11		2020.02.10		2019.11.10		2019.11.10		2019.10.16		2019.10.15		2019.10.17		
Összcíraszám 37°C-on	1	0	127	500	0	760	120	7	2	5											
Összcíraszám 22°C-on	3	0	5	300	4	820	300	12	0	12											
coliform	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
Escherichia coli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
Pseudomonas aeruginosa	0	0	13	1	0	2	3	0	0	0											
faec. Enterococcus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											

6. táblázat: Első körös mérés bakteriológiai értékei és a Neomagnol fertőtlenítési hatásfoka (fűrt kút). Készítette: Szerző.

A táblázatból az is látható, hogy négy olyan eset volt a tízből, ahol a magas *Pseudomonas aeruginosa* szennyezettséget nagymértékben csökkentette a fertőtlenítő szer, azonban a veszélyességi fokát figyelembe véve, a határértéke 0 TKE. Így ugyan csökkent a száma, de nem zéró szintig. A vizek felhasználhatósága miatt ezt nagyon fontos figyelembe venni, mivel így emberi fogyasztásra még a fertőtlenítés után sem alkalmas az említett négy fűrt kútnak a vize. Azonban további fertőtlenítési módszerekkel ezek az értékek javíthatók. Ilyen például a fordított ozmózis eljárás, mely a nyomásviszonyokon és koncentráció értékeken alapul. [106] A megváltozott nyomási értékek azt generálják, hogy a baktériumok életterét is jelentősen módosítják. Ezáltal a vízakaktivitás értéke megváltozik sejten belül, ami rövid időn belül a prokarióta sejt halálához vezet. [107]

A lentebbi táblázatban a második körös vízmintavételek eredményei, valamint a vízforralásos és klóros fertőtlenítési módok eredményei láthatóak. Ezen eljárások technikai lépéseit a bevezető szakaszban már ismertettem, így ebben a részben a kapott eredmények kiértékelése a hangsúlyos.

A klóros fertőtlenítés során kétféle értéket lehet látni: az egyik eljárás során a sztenderd adagolt klór mennyiség 25,0 mg/L volt. A második esetben az első körös érték során mért kémiai értékek alapján számított törésponti klórozás során ökölszabályként értelmezett klórigény lett a vízmintához adagolva. A behatási idő eltelte után elvégeztem a bakteriológiai méréseket.

Az egységnyi klór adagolása során az látható, hogy a vízben a baktériumok életképessége megmaradt, azonban drasztikusan csökkent. Tízből 4 olyan eset volt, ahol a megfelelőségi szint fölött volt a telepképző egységek száma, azonban itt is, a Neomagnolos kezeléshez hasonlóan leredukálta a klór 10% alatti értékre a kiindulási értékhez képest.

A célzott klóros kezelés, azaz a klórigény számításának megfelelő adagolás már sokkal hatásosabb eredményt mutatott. Ezen kezelés során is két esetben előfordult, hogy a határértéket meghaladta a táptalajon kinőtt telepképző egységek száma. Azonban már jóval alacsonyabb volt, mint a kezdeti kiindulási érték.

A forralásnál két különböző mérési módszert alkalmaztam. Az egyik esetben a víz forrásának pillanatában abbahagytam a forralást. A másik esetben pedig a forrás kezdetétől számítva még 5 percig forraltam a mintát. Ezután visszahűtöttem, és elvégeztem rajta ugyanazokat a méréseket, mint az alpmérés során. A számokat megfigyelve látható, hogy egy eset kivételével, a kútvizeknél a forralás megfelelő bakteriológiai értékeket produkál. Tehát a hőkezelés megfelelő lehet a víztestek csíramentesítésére. [95]

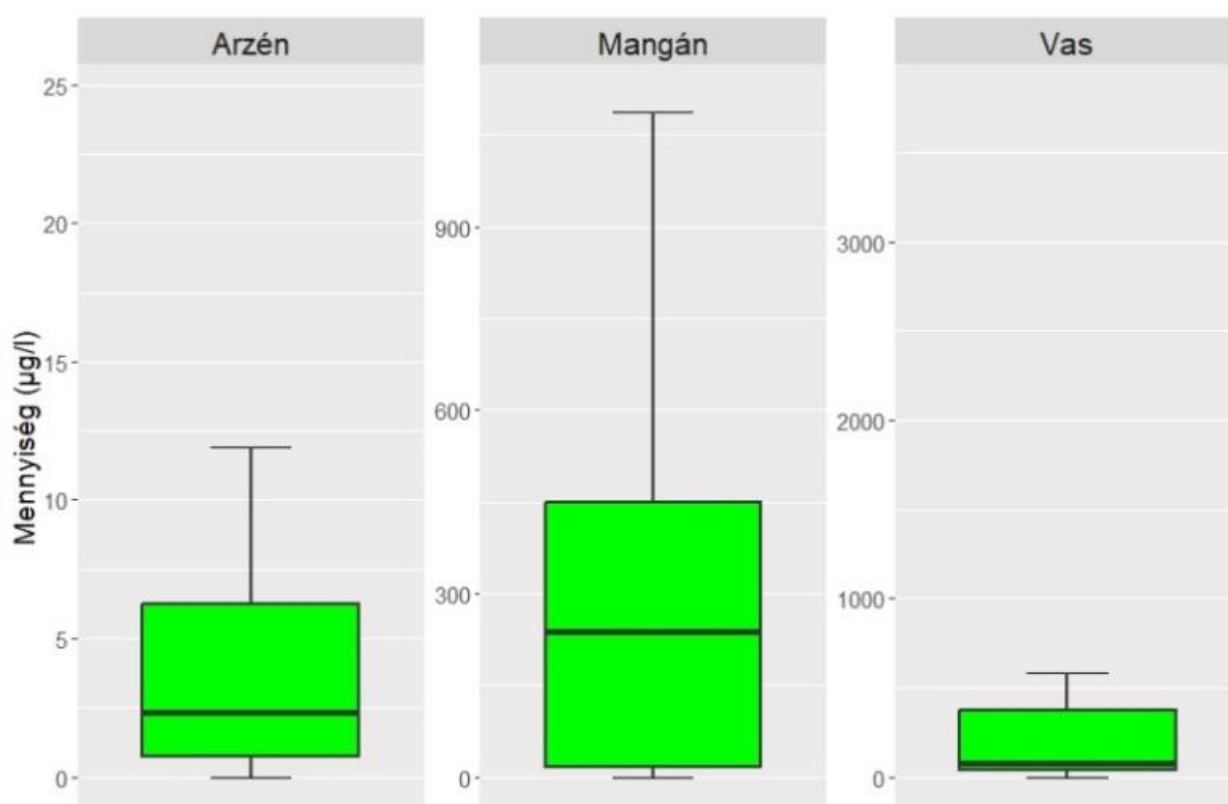
Második körös mérés

Mintavétel helye: Kút mélysége: Kút típusa: Mintavétel ideje:	I.		II.		III.		IV.		V.		VI.		VII.		VIII.		IX.		X.	
	Békéscsaba 94 m fúrott	2020.02.11	Békéscsaba 94 m fúrott	2020.02.11	Békéscsaba 95 m fúrott	2020.02.11	Békéscsaba 80 m fúrott	2020.02.11	Békéscsaba 70 m fúrott	2020.02.10	Murony 34 m fúrott	2020.02.13	Murony 35 m fúrott	2020.02.13	Békéscsaba 24 m fúrott	2020.02.13	Doboz 40 m fúrott	2020.02.13	Sikony 35 m fúrott	2020.02.13
Összszárazság 37°C-on	26	13	27	25	25	15	3000	2100	1200	75										
Összszárazság 22°C-on	28	27	69	25	119	220	9800	650	181											
coliform	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Escherichia coli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pseudomonas aeruginosa	0	0	0	0	0	11	2	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
faec. Enterococcus	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mintavétel ideje:	2020.02.11	2020.02.11	2020.02.11	2020.02.11	2020.02.10	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.10	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13
Összszárazság 37°C-on	0	2	0	0	0	0	600	311	87	79	7									
Összszárazság 22°C-on	2	0	6	0	0	0	220	279	69	42	9									
coliform	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0									
Escherichia coli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
Pseudomonas aeruginosa	0	0	0	0	0	0	2	5	0	3	0									
faec. Enterococcus	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0									
Mintavétel ideje:	2020.02.11	2020.02.11	2020.02.11	2020.02.11	2020.02.10	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.10	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13
Összszárazság 37°C-on	44,03	10,54	89,1	36,61	5,59	68,51	86,1	10,7	85,27	86,57										
Mintavétel ideje:	2020.02.11	2020.02.11	2020.02.11	2020.02.11	2020.02.10	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.10	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13
Összszárazság 37°C-on	0	0	0	0	0	0	116	428	3	0										
Összszárazság 22°C-on	0	0	1	4	0	75	157	254	3	3										
coliform	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0										
Escherichia coli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
Pseudomonas aeruginosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
faec. Enterococcus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
Mintavétel ideje:	2020.02.11	2020.02.11	2020.02.11	2020.02.11	2020.02.10	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.10	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13
Összszárazság 37°C-on	0	0	0	0	0	84	132	521	1	0										
Összszárazság 22°C-on	0	0	0	0	0	76	140	232	0	0										
coliform	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
Escherichia coli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
Pseudomonas aeruginosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
faec. Enterococcus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										

7. táblázat: Második körös mérés és a fertőtlenítési kezelések értéke (fúrt kút). Készítette: Szerző.

4.3. Ásott kutak mérési eredménye

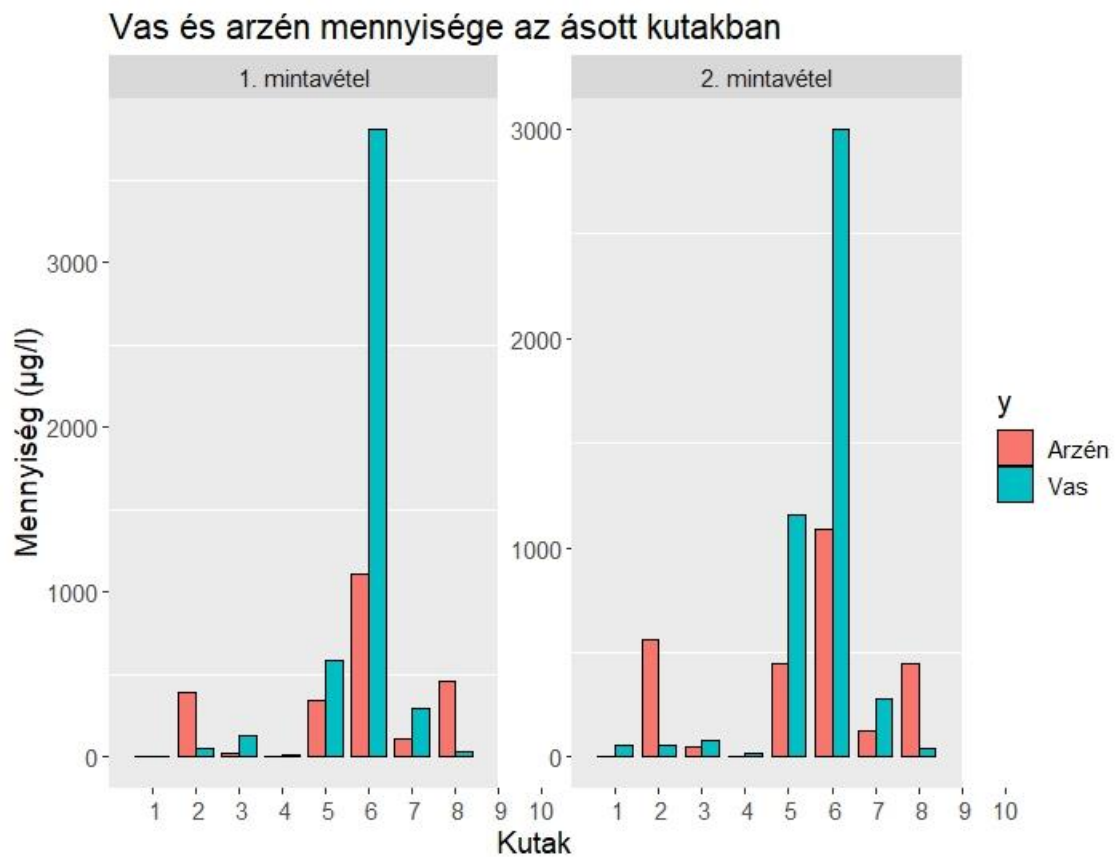
A fúrt kutaknál ismertett főkomponens analízist végeztem el az ásott kutak esetében is. Az ásott kutak minőségi paraméterei nagyban eltérnek - negatív irányban a fúrt kutakhoz képest. Ennek magyarázata igen egyszerű: Az ásott kutak a felszínhez közel helyezkednek el, és a vízkészlet a talajból, és a levegőből is folyamatosan kontaminálódhat. [108]



20. ábra: Az arzén, vas és mangán mennyiségének ábrázolása doboz (box plot) módszerrel ásott kutak esetében. Készítette: Szerző.

Az alábbi doboz ábra az arzén, a vas és a mangán felső és alsó kvartilis értékeit szemlélteti, valamint a középértéket is. A mangánnál volt kiugró érték is, emiatt a maximum eléggé eltér az átlagértéktől. A vas esetében az alsó kvartilis és a medián majdnem megegyezik, tehát az ásott kutak többsége Békés megyében hasonló mértékben tartalmaznak vasat. Érdekes módon,

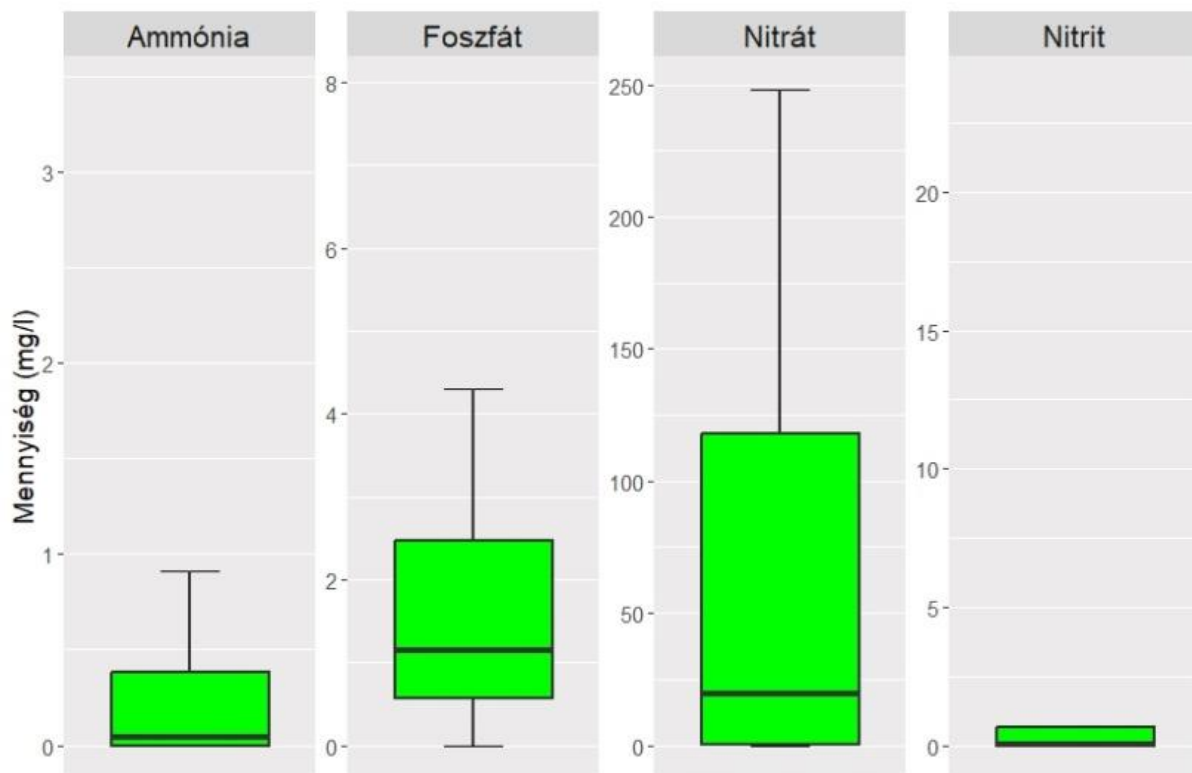
az arzén mennyisége az ásott kutakban jóval alacsonyabb. Így megállapítható, hogy a geológiai eredetűnek tartott szennyeződés lényegében az alsóbb talajrétegekben található.



21. ábra: vas és arzén mennyisége az első és második körös mintavétel során az ásott kutakból.

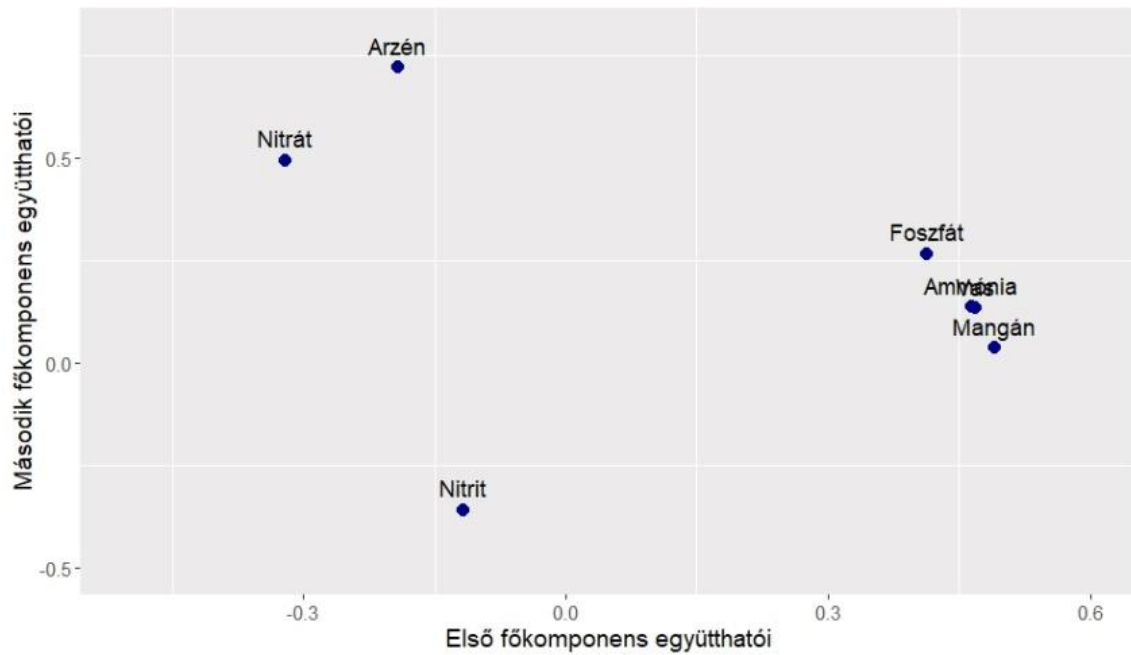
Készítette: Szerző.

Ez az ábra azt szemlélteti, hogy a vas és az arzén jelenléte miképpen viszonyul egymáshoz, valamint a kutakban a mintavételek között milyen mértékben módosult a vas és az arzén mennyisége az adott időszakokban. Az ásott kutak vastartalma sokkal magasabb, mint az arzéntartalom (akárcsak a fűrt kutaknál, ott is jelentősen magasabb volt a vastartalom). Az ásott kutakban is meghaladja a 10 µg/l határértéket az arzén, viszont a fűrt kutak értékeihez képest jóval alacsonyabb szinten van. [105]



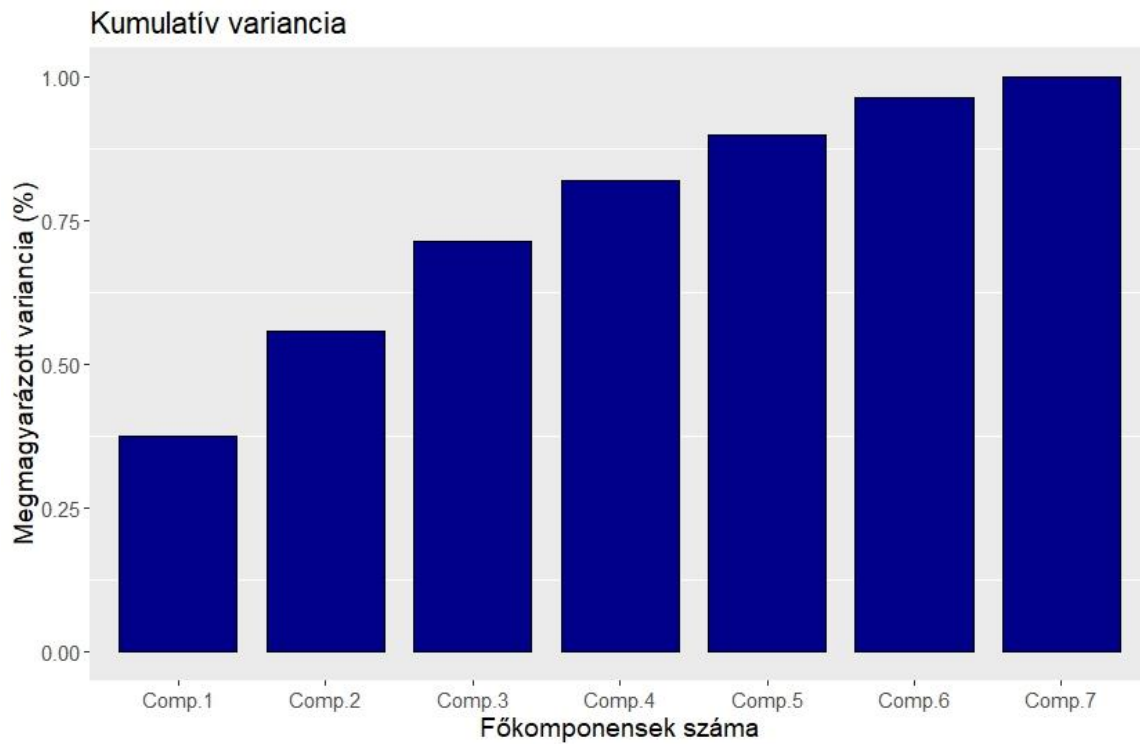
22. ábra: Ammónia, foszfát, nitrát és nitrit tartalom az ásott kutakban. Készítette: Szerző.

Az ammónia értéke az ásott kutakban igen alacsony, néhány kiugró értéket leszámítva. Látszik, hogy az alsó kvartilis értéke az majdnem megegyezik a medián értékével. Továbbá, a nitrát értéke nagyon magas, és ezért kijelenthető, hogy az ásott kutak vizét folyamatos, friss szennyezés éri. Valamennyi nitrit is jelen van a víztestekben. Ebből az következik, hogy régebbi szennyeződések maradványa is fellelhető a víztestekben. [104]



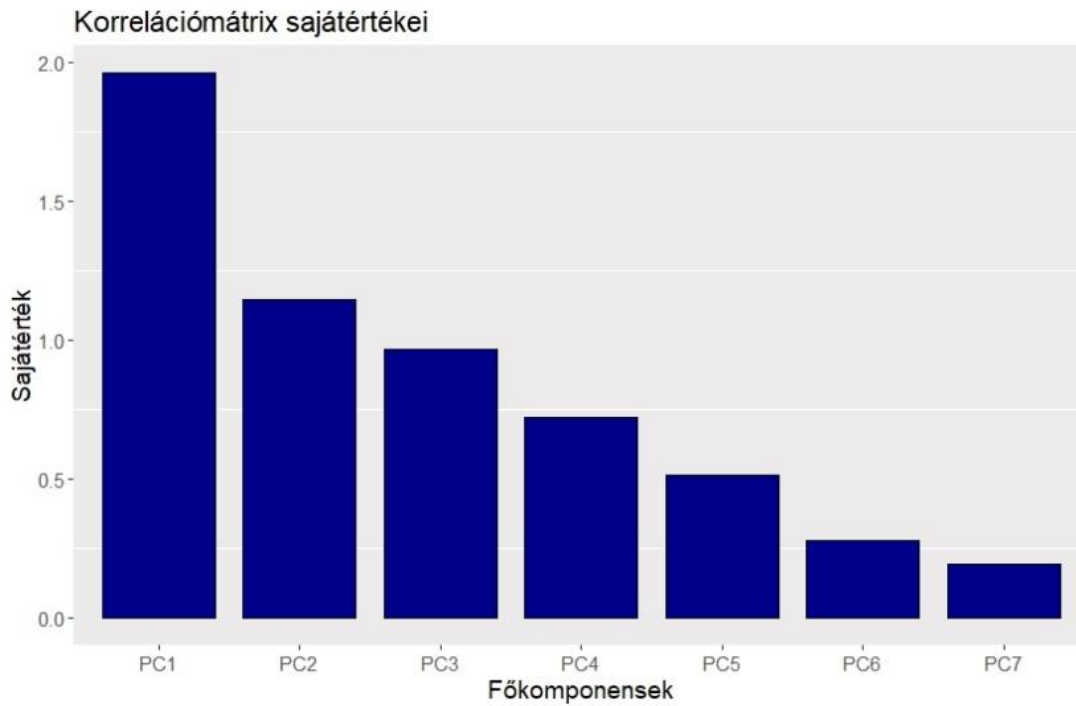
23. ábra: Első és második főkomponens együtthatóinak közös ábrázolása pontdiagram segítségével. Készítette: Szerző.

Ahogy a fűrt kutak esetében is bemutatásra került az első és a második főkomponens együtthatóinak az ábrázolása, ugyanúgy ebben a részben is ismertetem. Az első és a második főkomponens együtthatói ezen az ábrán más-más relációban vannak a fűrt kutak kémiai értékeihez képest. Az ábrát megfigyelve egyedül a nitrát az, ami hasonló elhelyezkedésű. Ez által kijelenthető, hogy az ásott és a fűrt kutak kémiai értékei nemcsak eltérnek egymástól, de a vizet alkotó komponensként teljesen más korrelációs értéket is adnak. Ebből kifolyólag nemcsak a kémiai, de a fizikai és bakteriológiai tulajdonságaiban is jelentősen eltér a két víztípus.



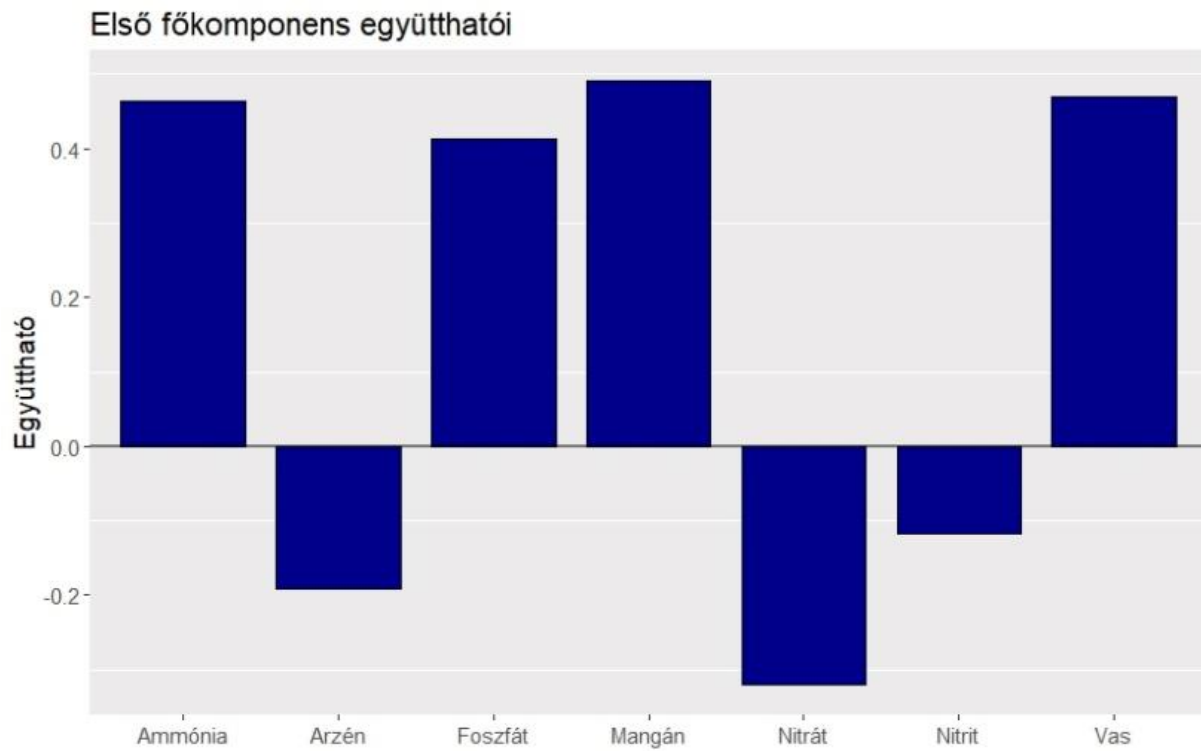
24. ábra: A főkomponensek a megmagyarázott variancia függvényének százalékosított értékeivel. Készítette: Szerző.

A korrelációmátrix az ásvány kutak mért eredményeinek függvényében is megmutatja a nagyobb adathalmazból a variancia százalékos értékeivel relációban a főkomponensek számértékeit. A főkomponensek száma ebben az esetben is 8-1, tehát a kumulatív variancia megmutatja a megmagyarázott variancia százalékos értékét. [102]



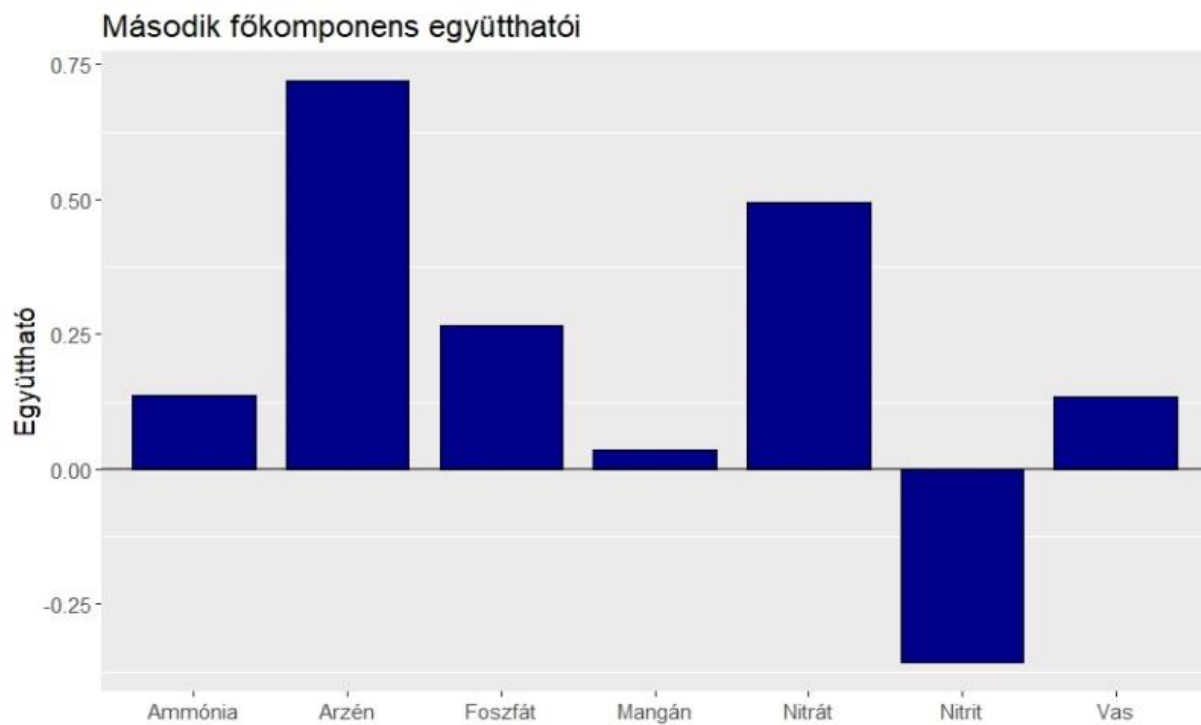
25. ábra: A főkomponensek és a sajátértékek változóinak összehasonlított aránya az ásott kutak esetében. Készítette: Szerző.

A főkomponensek együtthatóinak a súlyozott értékeit a következő két ábra mutatja be. A feliratok alapján az első, valamint a második főkomponens együtthatóinak értékei láthatóak a 24. és 25. ábrákon.



26. ábra: Első főkomponens együtthatóinak összefüggés-vizsgálata ásott kutak esetében.

Készítette: Szerző.



27. ábra: Második főkomponens együtthatóinak összefüggés-vizsgálata ásott kutak esetében.

Készítette: Szerző.

	XI.	XII.	XIII.	XIV.	XV.	XVI.	XVII.	XVIII.
Mintavétel helye:	Murony	Murony	Murony	Doboz	Stanazug	Békéscsaba	Sikony	Békéscsaba
Kút mélysége:	7 m	8 m	4 m	4 m	17 m	9 m	7 m	15 m
Kút típusa:	ásott	ásott	ásott	ásott	ásott	ásott	ásott	ásott
Víz hőmérséklete mintavételkor:	14,8 °C	14,6 °C	14,5 °C	17,5 °C	14,0 °C	15,2 °C	15,0 °C	14,5 °C
Mintavétel ideje:	2019.11.10	2019.11.10	2019.11.10	2019.10.15	2019.10.15	2019.10.15	2019.10.17	2019.11.14
Első körös mérés	Összcsiraszám 37°C-on	15000	2976	8500	9500	459	6500	2804
	Összcsiraszám 22°C-on	15000	6269	6533	14133	643	6201	4713
	coliform	300	300	300	1001	5	1001	100
	Escherichia coli	300	300	300	500	0	500	0
	Pseudomonas aeruginosa	0	1	0	5	0	0	0
faec. Enterococcus	300	150	171	600	0	342	0	0
Mintavétel ideje:	2019.11.10	2019.11.10	2019.11.10	2019.10.15	2019.10.15	2019.10.15	2019.10.17	2019.11.14
Neomagnolios fertőtlenítés (0,2 mg /l)	Összcsiraszám 37°C-on	130	241	500	210	0	205	81
	Összcsiraszám 22°C-on	86	410	210	317	1	381	415
	coliform	0	11	5	0	0	17	3
	Escherichia coli	0	1	2	0	0	2	0
	Pseudomonas aeruginosa	0	0	0	0	0	0	0
faec. Enterococcus	0	0	0	6	0	2	0	0

7. táblázat: Első körös mérés bakteriológiai értékei és a Neomagnol fertőtlenítési hatásfoka (ásott kút). Készítette: Szerző.

A táblázat azt mutatja meg, hogy a Neomagnolos fertőtlenítő szer milyen mértékben képes visszaszorítani a bakteriológiai összcsíraszámot, illetve az indikátorbaktériumokat. Mivel a kútvizek bakteriológiailag nagyon szennyezettek, emiatt az életképes csírák telepkezésének a csökkentése is igen jelentős eredmény. A nyolc kútból 6 esetben az ivóvízre vonatkozó határérték feletti értéket mértem. Amit érdemes megfigyelni, hogy két kút volt, melyben a *Pseudomonas aeruginosa* jelen volt. Ezekben a vizekben a Neomagnol hatásosan fertőtlenített. Az *Enterococcus faecalis* viszont az egyik esetben, ahol a szennyezettség mértéke 600 TKE szám fölötti volt, ott 6-ra lecsökkentette. Ez alapján kijelenthető, hogy az életképes telepkező csírákkal szemben a Neomagnol nagyon hatásos. [109]

Második körös mérés											
	XI.	XII.	XIII.	XIV.	XV.	XVI.	XVII.	XVIII.			
Mintavétel helye:	Murony	Murony	Murony	Doboz	Szanazug	Békécsaba	Sikony	Békécsaba			
Kút mélysége:	7 m	8 m	4 m	4 m	17 m	9 m	7 m	15 m			
Kút típusa:	ásott	ásott	ásott	ásott	ásott	ásott	ásott	ásott			
Mintavétel ideje:	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2019.11.10	2019.11.10	2019.11.10	2019.11.10	2020.02.13			
Összszárazm 37°C-on	22100	3700	1200	15000	213	6500	18000	12000			
Összszárazm 22°C-on	28310	17600	6700	9800	665	6000	18000	2750			
coliform	123	0	0	120	2	12	55	0			
Escherichia coli	6	0	0	31	0	0	0	0			
Pseudomonas aeruginosa	15	0	0	0	0	0	0	0			
faec. Enterococcus	94	0	0	212	0	0	0	0			
Mintavétel ideje:	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2019.11.10	2019.11.10	2019.11.10	2019.11.10	2020.02.13			
Összszárazm 37°C-on	750	317	159	240	256	5000	251	713			
Összszárazm 22°C-on	420	138	157	136	37	1100	317	500			
coliform	42	57	0	1	2	4	1	0			
Escherichia coli	3	3	0	0	0	0	0	0			
Pseudomonas aeruginosa	0	0	0	0	0	0	0	0			
faec. Enterococcus	81	2	0	2	0	0	0	0			
Mintavétel ideje:	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2019.11.10	2019.11.10	2019.11.10	2019.11.10	2020.02.13			
Összszárazm 37°C-on	422	471	135	347	146	3500	128	427			
Összszárazm 22°C-on	458	195	47	125	31	850	211	311			
coliform	21	31	1	2	1	1	2	0			
Escherichia coli	8	0	0	0	0	0	0	0			
Pseudomonas aeruginosa	0	0	0	0	0	0	0	0			
faec. Enterococcus	0	0	0	0	0	0	0	0			
Számított klórigény (mg/L):	47,72	40,33	43,6	13,9	12,76	110,47	10,8	29,81			
Mintavétel ideje:	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2019.11.10	2019.11.10	2019.11.10	2019.11.10	2020.02.13			
Összszárazm 37°C-on	416	254	281	825	18	300	147	165			
Összszárazm 22°C-on	301	317	185	1400	8	368	135	135			
coliform	22	4	2	25	0	5	0	0			
Escherichia coli	0	0	0	0	0	0	0	0			
Pseudomonas aeruginosa	0	0	0	0	0	0	0	0			
faec. Enterococcus	5	1	1	0	0	0	0	0			
Mintavétel ideje:	2020.02.13	2020.02.13	2020.02.13	2019.11.10	2019.11.10	2019.11.10	2019.11.10	2020.02.13			
Összszárazm 37°C-on	308	141	260	320	11	112	121	141			
Összszárazm 22°C-on	255	209	141	900	2	118	57	127			
coliform	0	0	0	0	0	0	0	0			
Escherichia coli	0	0	0	0	0	0	0	0			
Pseudomonas aeruginosa	0	0	0	0	0	0	0	0			
faec. Enterococcus	3	1	0	0	0	0	0	0			

8. táblázat: Második körös mérés bakteriológiai eredményei és a fertőtlenítési kezelések értéke (fűt kút). Készítette: Szerző.

A második körös mérésnél a klóros fertőtlenítést az egységnyi adagolás és a számított klórigény alapján is megvizsgáltam. A cél az volt, hogy az adott víztestben a bakteriológiailag aktív telepkepző csírák inaktiválódása bekövetkezzen. A kiindulási értékek mindegyik a határértéket meghaladta. Az egységesen adagolt fertőtlenítőszer, valamint a törésponti klórozás során szokásos ökölszabályként megállapított klórigény között jelentős különbség figyelhető meg. Ami ezen felül még lényeges, hogy ásott kutak esetében a klórozás célja nem az, hogy ivóvíz minőségűvé váljon az adott víztest. Ez nem is valósítható meg, mivel az organoleptikus tulajdonságai a víztestnek továbbra is fogyasztásra alkalmatlanok, valamint a kémiai megfelelés sem valósul meg meg, melyet az ivóvízre vonatkozó kormányrendelet meghatároz. [59] A klóros kezelés ebben a mérési sorozatban csak és kizárólag a bakteriológiai csíramentességre (vagyis a nagyfokú szennyezettség miatt inkább a telepkepző egységek számának csökkentésére) irányult.

4.4. Beépített vízsűrő hatékonyságának elemzése fűrt kút esetében

Az I. és a II. számú békéscsabai kút jelölése ugyanazt a fűrt kutat jelenti, azaz ugyanarról a vízforrásról került kialakításra.. A különbség a kettő között az, hogy az I. számú vízminta a víztisztítás előtti szakasról származik, míg a II. számú vízminta a víztisztító utáni szakasról vett minta. Így ezen vizek tökéletesen reprezentálják a házi vízsűrő alkalmazásának hatékonyságát.

Az I. és második kút mérési eredményei összegezve a 9. táblázatban láthatóak. Itt ebből megállapítható, hogy a II. kút értékei lényegében a vízminőségi előírásoknak megfelelnek. Bakteriológiai szempontból mindenképpen. Az összcsíraszám a megengedett határértéknél magasabb volt a 2019-es októberi vízmintavételnél (>500 TKE), azonban a II. kút esetében ugyanez már jócskán 500 alatti értéket mutatott. Az egyéb mikrobiológiai értékek mind 0-és értéket adtak, ami a megfelelést bizonyítja.

A vízsűrés a kémiai értékek közül is sokat csökkentett. Azonban az arzén értéke még a vízsűrés utáni szakaszon is magasabb, mint az ivóvízre vonatkozó 10 µg/L. [59] A 117 és 109 µg/L arzénmennyiség gyakorlatilag több mint a határérték tízszerese. Azonban, ahogy azt már egy előző fejezetben is kifejtettem, az arzénra vonatkozó értékek azért vannak olyan alacsonyan tartva (és azért lettek módosítva 50 µg/L értékről 10 µg/L értékre), mert az Európai Unió átlagához van viszonyítva, és belekalkulálták az átlagos arzénbevitelt más egyéb élelmiszerekből is. Hazánkban az emberek többsége nem fogyaszt annyi halat és tenger gyümölcseit, mint a tengerparttal rendelkező más EU-tagállamok országai. Így a valós

egészségügyi kockázat az arzénra vonatkoztatva alacsonyabb a dél-alföldi vízfogyasztó számára, mint egyéb esetben. Az arzén jelenléte a Dél-Alföldön tipikus geológiai jelenség, és emiatt a vízművek számára kiemelt jelentőségű a megfelelő hatásfokú arzénmentesítő technológia alkalmazása. Tervbe volt véve az aradi vízbázisból való vízellátás lehetősége, mely az alacsony arzéntartalom miatt kiváltotta volna az arzénmentesítés azon lépését, mely igen magas fokú veszélyes hulladék-termeléssel jár együtt.

A nitrát, nitrit, és ammónia értéke a vízszűrés előtti szakaszon adhatna némi aggodalomra okot. Azonban a vízszűrés utáni szakaszon a vízben már a határértéknek megfelelő, a megengedett maximális érték alatti eredmények lettek.

A vas és mangántartalom kifejezetten magas a víztisztítás előtti szakaszon mind az első, mind a második körös mérés során. Azonban a víztisztító mindezeket sikeresen le tudta csökkenteni, és így a határérték alatti az eredmény.

Az összkeménység értéke is jelentősen csökkent, mivel a vízszűrés során feltehetőleg a keménységet okozó sókat is kivonja a víztisztítás folyamata a vízből.

Összességében megállapítható, hogy a megfelelő víztisztító berendezés, mely körültekintéssel kialakított fűrt kútra van rákötve, képes olyan ivóvizet előállítani, mely emberi fogyasztásra alkalmas.

		I.		II.		
Mintavétel helye:		Békéscsaba	Békéscsaba	Békéscsaba	Békéscsaba	
Kút mélysége:		94 m	94 m	94 m	94 m	
Kút típusa:		fúrott	fúrott	fúrott	fúrott	
Egyéb információ:		víz tisztító előtti szakasz	víz tisztító előtti szakasz	víz tisztító utáni szakasz	víz tisztító utáni szakasz	
Mintavétel ideje:		2019. október	2019. október	2020. február	2020. február	
Első körös mérés	Összcsiraszám 37°C-on	5	74	26	13	
	Összcsiraszám 22°C-on	713	188	28	27	
Második körös mérés	Normal mérés /alapmérés/	0	0	0	0	
	Escherichia coli	0	0	0	0	
	Pseudomonas aeruginosa	0	0	0	0	
	faec. Enterococcus	0	0	0	0	
Első körös mérés	Mintavétel ideje:	2019. október	2019. október	2020. február	2020. február	
	Kémiai mérések	Ammónia mg/l	2,45	0,08	2,61	3,79
		nitrit mg/l	0,01	0	0,02	0
		nitrát mg/l	0	0	0,2	0,03
		vezkép µS/cm	1013	1027	999	1053
		pH	7,11	7,38	7,37	7,78
		pH hőmérséklet	22,6	22,6	21,8	21,8
		vas µg/l	643	42,7	2348	68,6
		mangán µg/l	353	0	401	5,9
		arzen µg/l	142	117	162	109
		KOI mg/l	6,46	2,26	8,7	3,29
		összkeménység mg/l	171	6,06	175	8,21
		foszfát mg/l	5,14	2,39	2,48	2,11

9. táblázat: A víz tisztító előtti (I.kút) és a víz tisztító utáni (II.kút) első és második körös mérési eredményei

4.5. Többlépcsős kútfertőtlenítési sorozat vizsgálata

A III. számú kút amiatt érdemel egy külön alfejezetet, mert ennél az esetnél egy szennyezett kút fertőtlenítési lépéseit tudtam vízmintavételezéssel végigkövetni.

Az időben lezajló lépések a következők voltak:

- első körös monitoring mérés
- Herlisil fertőtlenítés
- cc. HCl fertőtlenítés
- második körös monitoring mérés
- harmadik körös monitoring mérés.

Mintavétel helye:	III.						
Kút mélysége:	Békéscsaba						
Kút típusa:	95 m						
Egyéb információ:	fúrott						
Víz hőmérséklete mintavételkor:	Első kör	Herlisil	cc. HCl	Második kör	Harmadik kör		
Mintavétel ideje:	2019.10.21	2019.11.13	2019.12.10	2020.02.11	2020.03.06		
Bakteriológiai értékek	Összcíraszám 37°C-on	1148	320	11	27	137	
	Összcíraszám 22°C-on	860	510	143	69	89	
	coliform	4	0	0	0	2	
	Escherichia coli	0	0	0	0	0	
	Pseudomonas aeruginosa	100	46	0	0	11	
faec. Enterococcus	0	0	0	0	0		
Mintavétel ideje:	2019.10.21	2019.11.13	2019.12.10	2020.02.11	2020.03.06		
Kémiai mérések	Ammónia mg/l	6,3	6,39	5,91	5,64	5,69	
	nitrit mg/l	0	0	0	0,002	0	
	nitrát mg/l	0	0	0	0,43	0,1	
	vezkép µS/cm	886	901	888	884	915	
	pH	7,82	7,78	7,84	7,9	7,86	
	pH hőmérséklet	22,3	20,9	21,9	21,8	22,3	
	vas µg/l	694	648	684	725	674	
	mangán µg/l	99,3	98,2	99,8	93,3	100	
	arzén µg/l	103	105	109	94,9	110	
	KOI mg/l	11,55	10	10,7	10,9	10,5	
	összkeménység mg/l	139	144,7	140	140	140	
	foszfát mg/l	4,55	4,31	4,11	3,93	4,76	

10. táblázat: A III. számú kút fertőtlenítési sorozatának lépései, valamint a mért eredmények nyomon követése.

Ahogy a táblázatban jól megfigyelhető, az első mérés alkalmával nagyon magas volt a *Pseudomonas aeruginosa* száma. Ennek oka, hogy vélhetően a kútfúrás során nem voltak

megfelelően betartva a higiéniai előírások, valamint a kútnak a bélelése nem volt megfelelő. Ezt utólagosan pótolta a kút tulajdonosa. Azonban a vezeték rendszerében már megjelent a *Pseudomonas aeruginosa*, mely biofilmet képezve gyakorlatilag szinte kipszthatatlan egy rendszerből. Ezen túlmenően megállapítható a bakteriológiai értékeket megfigyelve, hogy a többlépcsős fertőtlenítés során ideiglenes javulás volt látható az értékeknél, azonban az októbertől márciusig eltelt időszakban a bakteriális nem-megfelelőség visszatért a kútrendszerben. Ráadásul a *Pseudomonas aeruginosa* mellett a coliform baktériumok is megjelentek (melyek a vizsgálatok alapján nem E.coli eredetű coliformok voltak).

A kémiai értékeket megfigyelve kijelenthető, hogy egyfajta jellemző állandóságot mutatnak, nincsen lényegileg nagy eltérés. Ezt egyedül a nagyon érzékeny határértéket mutató nitrit és nitrát esetében nem lehet kijelenteni. Azonban a kút vizében való ideiglenes megjelenése arra enged következtetni, hogy a víztest közelében - vagy pedig a víztermelés hálózatában - valamilyen típusú, friss nitrát, illetve nitrátszennyezés érte a kút.

Az arzén értéke magas, 100 µg/L érték körüli értéket mutat. Mindez arra enged következtetni, hogy a Dél-Alföldre jellemző geológiai eredetű magas arzéntartalom itt is megfigyelhető.

A kút először Herlisillel fertőtlenítette a tulajdonos. Bár ez esetben is már a telepszámok csökkenését lehetett megfigyelni, azonban az összes telepképző baktériumok száma 22 °C-on még mindig 500 feletti volt. Habár ez az érték még mindig nagyon magas, de már közelítette az ivóvízre vonatkozó határértéket. Azonban a *Pseudomonas aeruginosa* száma miatt még mindig bakteriológiailag teljesen szennyezettnek volt tekinthető a kútvíz a Herlisilles fertőtlenítés után.

Egy hónap elteltével tömény HCl lett adagolva a kútba. A fertőtlenítést követően 2 nappal vízmintát vettek, és a laboratóriumban a már ismertetett módon elvégeztem a mérési sorozatot. Az eredményeket kiértékeltem. A bakteriológiai értékek ez esetben már az ivóvízre vonatkoztatott határértékek alatt voltak a telepképző egységek száma. Ez azt jelenti, hogy a klóros fertőtlenítés megfelelő mértékben képes a kút nagyobb bakteriológiai szennyezettség esetén is fertőtleníteni.

A fertőtlenítési határfok vizsgálatának monitoringozása érdekében, további vízminták is lettek véve, és a laboratóriumi komplett vizsgálatokat elemeztem tovább. Az utolsó kútfertőtlenítés után két hónappal a bakteriológiai megfelelés, akárcsak a HCl-es fertőtlenítés után, a mikrobiológiai értékeknek megfelelt. Azonban már a nitrit és a nitrát értékek az előző mérésekhez viszonyítva magasabbak voltak. Ez arra utal, hogy valamilyen friss szennyeződés érte a kút vagy a vízadó réteget. Ezt követően egy hónappal később, a márciusi vízmintavételi időszakban mért adatok már azt mutatták, hogy ugyan az összecsíraszám értéke

alacsony, azonban mind coliform, mind *Pseudomonas aeruginosa* is jelen volt a víztestben. Ez több szempontból is érdekes eset, mivel az ezt megelőző mérések során, amikor a *Pseudomonas aeruginosa* volt detektálva a víztestben, akkor még a coliform baktériumok nem voltak jelen. Feltételezések alapján a csőhálózatban már biofilmet képezett *Pseudomonas aeruginosa* telepeket a klóros fertőtlenítés nagymértékben háttérbe szorította. Ezután az egyéb baktériumtörzsek számára kedvezve, lehetővé tette a vízben való elszaporodásukat.

Ebből az tűnik ki, hogy ha egy hálózat már befertőződött, akkor az alkalmi tisztító műveletek ideiglenesen kedvező bakteriológiai értékeket tudnak nyújtani, azonban ahogy eliminálódik a rendszerből a fertőtlenítőszer, úgy csökken a hatékonysága, és a tartós sterilitást, illetve a megfelelő csíraszámot hosszú távon egy-egy fertőtlenítéssel nem lehet elérni. Ezért is kiemelt fontosságú a megelőzés, azaz a kútfúrás során a megfelelő bélelési rendszer kialakítása, a csövek fertőtlenítése az idomba helyezés előtt, a talpazat megfelelő kialakítása, valamint minden egyéb előírás pontos és precíz betartása.

4.6. Részkövetkeztetések

A mérések komplex és átfogó elemzését és az eredmények értékelését mutatta be ez a fejezet. Megállapítható, hogy a vízadó típusától, valamint a szennyezettség mértékétől is függ, hogy milyen mértékben szennyezett a vízbázis.

Az nem egy új keletű dolog, hogy a kevésbé védett, vagy kifejezetten nyílt vízadó rétegek, mint amilyenek az ásott kutak, azok vize szennyezett, és sokféle bakteriológiai, illetve kémiai paraméter jócskán a megengedett határérték felett van. Azonban a fűrt kutak esetében is megfigyelhető a nem-megfelelőség bizonyos esetekben:

- nem megfelelő a technológia kialakítása
- a kút nem mélyfúrású
- geológiai vagy antropológiai szennyezés található a víztestben.

Az Alföld térségére jellemző a magas arzéntartalom. Ez főképp a geológiailag mélyebb rétegeket érinti. Az elemzések során a bakteriológiai és a kémiai paramétereket egyaránt feltüntetve értelmeztem. A PCA-elemzés megmutatja a kémiai szennyezők azon összefüggéseit, melyek egymásra ráhatással vannak. A vas, mangán és az arzén értéke háború összefüggést mutat, főképp az arzén a limitáló tényező a vízvizsgálatok szempontjából. Az ammónia, foszfát, nitrit, nitrát a talajvíz, illetve az agrártevékenységekből származó szennyeződésekre utal.

A főkomponens analízis megmutatja a meghatározott variancia alapján a korrelációval kivonatolt értékeket. Tehát egy nagyobb adathalmazból a paraméterek leszűkítésével, ugyanakkor a lényeges összefüggések megtartásával egyfajta árnyjátékként mutattam be az adatok értékelését.

Arra a következtetésre jutottam, hogy a víztisztító berendezés működésének tisztítási hatásfoka megfelelő, amennyiben a vízadó réteg alapvetően jó minőségű nyersvizet szolgáltat. Univerzálisan nem tud minden paramétert megfelelővé tenni egyféle technológián alapuló víztisztító. Jelen esetben az arzén mennyiségét nem tudja a határérték alá csökkenteni. Azonban a fejezetben ismertetett szempontok miatt ez nem kiemelkedő probléma.

A víztermelés során a technológiától, a hálózattól, valamint a létesítés során betartott (vagy be nem tartott) előírásoktól nagymértékben függ a termelt víz minősége. Azaz, egy jó vízadó bázis a nem megfelelően kialakított technológia mellett nem tud megfelelően jó vizet szolgáltatni. Fontos tehát mind a technológiai, mind a sterilitási követelményeket már a víztermelő kút kialakítása során tudatosan megtervezni.

AZ ELVÉGZETT KUTATÁS ÖSSZEFOGLALÁSA

Disszertációmban a szakirodalmi kutatási részben bemutattam a magyarországi vízgazdálkodás vízellátás-specifikus aspektusait. Továbbá kielemeztem azokat a kritikus pontokat, melyekre kiemelt figyelmet szükséges fordítani a társadalmi kockázatok függvényében. Ezek a vízellátásnál a víznyerés azon pontjai, melyek különböző katasztrófaesemények során sérülhetnek. Magyarországon többnyire az árvízi és belvízi veszélyek jellemzőek, de nem lehet kizárni a földrengés okozta kockázatot sem.

Továbbá elemeztem azokat a vízszennyező faktorokat, melyek a múltban történtek, de a jelenben is hatással vannak a felszín alatti és felszín feletti vízkészletre. Ezen vízszennyező faktorok csökkentésének, illetve remediációs eljárásainak a lépéseit is ismertettem.

A szennyezések lehetnek ipari vagy mezőgazdasági eredetűek, melyeknél a tevékenység alapján következtetni lehet azokra a paraméterekre, melyek a kibocsátott szennyvizekben megjelenhetnek. Azonban a lakossági szennyvízkibocsátás során nem ismert sem a szennyeződés típusa, sem a szennyeződés mértéke. Ugyanez igaz, amennyiben a lakossági felelőtlen tevékenység és magatartás során következik be a vízbázis szennyeződése.

A hazai vízgazdálkodás számára, valamint az érintett közszolgáltatási szféráknak kiemelt figyelmet kell fordítani a vízbázis védelemre, mely folyamatos fejlesztési és revideálási eljárásokon megy keresztül. A kialakítás során fontos, hogy figyelembe vegyék a környék sajátos adottságait, és ennek megfelelő intézkedési lépéseket tegyenek a szakhatóságok és a vízművek. A kockázatértékelés során figyelembe kell venni mindazon tényezőket, melyek veszélyforrásként jelenhetnek meg. A veszélyforrásokat a múltbéli előfordulás alapján, valamint a jövőbeli valószínűség szerint lehet meghatározni. Azonban nem várt eseményekre, hálózati szakaszok kiesésére is megfelelően fel kell készülni.

A kutatás gyakorlati részében különböző vízáadó rétegekből származó vízmintákat vizsgáltam meg. Kiindulási pontként elemeztem ezeknek a vízmintáknak az alapvető jellemzőit, a származási helyük alapján a vízáadó rétegeteket jellemeztem, illetve a felhasználhatóságukat ismertettem. Két külön csoportra bontottam az ásott, illetve a fűrt kutak vizeinek az elemzését. A minőségi elemzés során kiderült, hogy a védett rétegből származó vizek értelemszerűen tisztábbak az ásott kutak vizeihez képest. Azonban az ásott kutak vizei is alkalmazhatóak a háztartási vízigény egyes szakaszaiban. Például öntözésre, amikor a termőtalaj víznyelő képességét, azaz a hidratáltsági szintjét szükséges javítani. Azonban a termesztett növény típusától és felhasználásától függően szükséges eldönteni, hogy a víz mikrobiológiai és kémiai paraméterei alapján megfelelő-e az öntözésre.

A kutatás során megvizsgáltam több fertőtlenítési eljárás módszerét. Ezek között vízfertőtlenítő tablettát, HCl-t adagoltam, valamint forralási technikát alkalmaztam. A vízfertőtlenítő tablettá adagolásával megfelelő minőségű víz állítható elő a kevésbé szennyezett vizek esetében. Gyakorlatilag minden esetben radikálisan lecsökkentette a bakteriológiai szennyeződést. Azonban volt, hogy a nagyon magas szennyezettségi foknál az összcsíraszám nem csökkent 500 telepkepző szám alá.

Ugyanez a vízfertőtlenítés során alkalmazott HCl-ről már nem minden esetben volt elmondható. A felszín alatti vízadó rétegből származó kútvizeken alkalmazott egyszeri egységes mennyiségben adagolt klór a bakteriológiai szennyezettség függvényében fejtette ki hatását. A bakteriológiai szennyezettség gyakorlatilag minden esetben csökkent, de nem minden esetben csökkent olyan mértékben, hogy az ivóvíznél előírt határértékek alatt legyen. Azonban mindenképp érdemes valamilyen típusú klórtartalmú szerrel kezelni a vizet, ha fennáll a bakteriológiai szennyezettség gyanúja.

Továbbá a fertőtlenítés kiváló eszköze lehet a bakteriológiai csíramentesítésnek. A kutatásom során kipróbáltam annak az elvét, hogy ha a forráspontig forraltam a vizet, illetve mikor a forrásponttól még további 5 percig forraltam. Az eljárások során a kifejezetten magas szennyezettségi fokú vizeknél lehetett látni különbséget, azonban ez nem volt jelentős. Így a forralás szakaszaiban eldönthető, hogy a forralás kezdetétől számítva még mennyi ideig érdemes a vizet forralni. Alacsony szennyezettség esetén a forrás beindulásának a pillanatában már abba lehet hagyni a melegítést. Magas szennyezettség esetében érdemes tovább forralni a vizet.

A kutatásom elemzési részében kitértem azokra a tényezőkre is, melyek a katonai terepi vízellátás során alkalmazhatóak. Ilyen tényező például a *Legionella spp.* baktériummal szembeni védekezés, azaz az elszaporodásának megakadályozása ismeretlen jellegű vízbázisból származó, terepi vízellátás során. Mivel a legionellózis nagyban hasonlít egy egyszerű megfázáshoz, sokszor nem lehet detektálni a tüneteket kiváltó okokat. A hőkezelés a vízkészleteknél, valamint a megfelelően adagolt fertőtlenítőszer ugyanolyan hatásos, mint az egyéb bakteriológiai szennyezettségnél. Azonban a tábori vízellátás során a fürdésre szánt vizeknél a magasabb hőmérséklet (akár forráspontig), majd annak visszahűtése kritikus tényezője lehet a *Legionella spp.* csíráinak előléséhez vezető folyamatban.

A vízellátás jövőbeli feladata, hogy a változó körülményeket minél inkább adaptálni tudja a rendszerébe, és a folyamatfejlesztés során az egyre gyorsabb, gyakorlatorientáltabb megoldásokat vesse be havária helyzet idején. A hosszú távú célok között pedig a vízkészletek minőségének megóvása érdekében mind a kormányzati, mind a vízellátási

szakembereknek össze kell fogniuk. A jogszabályok, valamint a jogi lépések kényes egyensúlyt kell tartsanak a fertőtlenítőszer alkalmazása, a visszamaradó szermaradványok egészségkárosító hatása, valamint az egészséget veszélyeztető ágensek inaktiválására vonatkozó lépések során a helyes arány megteremtésére. Ugyanis a magas fertőtlenítőszer koncentráció hosszú távon megbetegedéshez vezet, valamint a túl sok fertőtlenítőszer adagolása felesleges költség is egyben. Azonban a túl kevés (vagy semennyi) fertőtlenítőszer csak abban az esetben megfelelő, ha nincs veszélyes bakteriológiai ágens jelen a vízben, és az összcsíra telepszám is a határérték alatt van.

ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK

Kutatómunkám során végzett szakirodalmi elemzések, továbbá az általam végzett laboratóriumi vizsgálatok eredményeinek értékelése során az alábbi összegzett következtetéseket vontam le. Az első fejezetben a vízgazdálkodással, valamint a klímaváltozás hatásainak összefüggéseivel kapcsolatos megállapításaimat ismertettem. A második fejezetben a vízellátást veszélyeztető tényezőkkel és azok hatásaival kapcsolatos következtetéseket vontam le. A harmadik fejezetben a vízellátás során - és az általam is alkalmazott - klasszikus vízminőségi méréseket mutattam be a vízmintavételtől az eredmények kiértékeléséig. A negyedik fejezetben pedig a vízmintákon folytatott mérési és kísérleti eredményeim elemzése során levont következtetéseket ismertetem.

Megállapítottam, hogy a klímaváltozás olyan környezeti változást okoz, mely a vízkészletekre is hatással van. Mind a nagy mennyiségben lehulló csapadék, mind a csapadékhiány gondot tud okozni a mezőgazdaságban. Továbbá a szélsőséges hőmérsékleti viszonyok is nagymértékben befolyásolják a vízkészletek mennyiségi és minőségi értékeit. Ezen felül a lakosság számára a vízellátást mindig, minden körülmények között biztosítani szükséges. Azonban az olyan havária helyzetekben, mint például árvíz, korlátozottan lehet a vízszolgáltatást biztosítani. Továbbá az árvíz okozta bakteriológiai fertőzésveszélyt is fontos kezelni.

A vízellátás a kritikus infrastruktúra egyik eleme. Mivel víz nélkül nincs élet, és mivel mindenhol alapvető igény a tiszta, iható, egészséges víz, ezért a vízellátást minden körülmények között biztosítani szükséges. A vízbázis védelemtől kezdve a fogyasztók számára az átadásig eljuttatott víz egy olyan komplex folyamat, melynek folytonosságát immáron jogszabályokkal és belső szabályzatokkal biztosítanak. Azonban szükséges az előírások folyamatos felülvizsgálata, valamint más országok gyakorlati megoldásainak tanulmányozása, melyet – amennyiben érdemes és lehetséges – a fontos elemeket alkalmazni és beültetni a hazai folyamatokba.

A különböző iparágak egyre összetettebb gyártási technológiákat alkalmaznak. Mindezek pedig arra engednek következtetni, hogy egyre többféle szennyeződés érheti a környezetet. A technológia fejlődésével egyre nagyobb biztonsággal lehet a termékeket gyártani, és a kibocsájtott különböző szennyező anyagok a megfelelő tisztítási technológia alkalmazásával minimalizálható a környezetterhelés, valamint odafigyeléssel és megfelelő monitoring rendszer alkalmazásával a környezetszennyezés is elviselhető mértékűvé tehető.

A doktori disszertációmban a gyakorlati kutatás fókuszpontja a kútvizek minőségére, valamint a tisztítási hatásfokra koncentrálok. Az egyik fő következtetés a vizsgálataim alapján, hogy a kútvizek beintegrálhatóak a vízellátásba, illetve akár ki is váltható a hálózati vízellátás általuk. Ennek megvalósulási feltétele, hogy már eleve megfelelő tisztaságú legyen a vízadó réteg, és a vízkinyerés során ne szennyeződjön a víz. Ha a víz a minőségi értékei alapján nem megfelelő tisztasági fokú, szükséges valamilyen víztisztítási rendszert integrálni a vízellátási folyamatba. Ez a víztisztítási folyamat sokszor egyéni kialakítású, legtöbbször ioncserélős gyantán, illetve szénszűrésen alapul. Fontos, hogy a rendszer a megfelelő víztisztító berendezéssel, és a vízkitermelés a megfelelően kialakított rendszerrel valósuljon meg, mert csak így biztosítható hosszú távon az egyéni vízellátás megfelelő szintje és színvonala.

Ahhoz, hogy ezt meg lehessen állapítani, mindenképp szükséges a komplex laboratóriumi vízminta-elemzés lefuttatása, illetve a környezet felmérése. Ismerni kell a térségnek a földrajzi adatait: a talajfelszín esetleges lejtését; a geológiai paramétereit; a víztartó rétegekből mely elemek oldódnak a víztestbe. Továbbá a bakteriológiai megfelelőség kérdése is kiemelt fontosságú: van-e a víztestben vagy a hálózatban már jelenlévő szennyeződés, mint például *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus faecalis*, stb.

A vízgazdálkodás fő feladata felkészülni azokra a kihívásokra, melyeket a környezetváltozás tartogat, beleértve a vízellátás számára a megfelelő vízmennyiség biztosítását, a fenntarthatóság jegyében a vizek gondos elosztását, a vízbázis és az infrastruktúra védelmét, valamint az egyéni vízhasználók számára is megoldást nyújtani a kutak szakszerű kiépítésének rendszerével, valamint a vízadó rétegek védelmével.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Összehasonlító elemzésekkel vizsgáltam a hazai vízáadó rétegek minőségi és mennyiségi paramétereit, továbbá feltártam a vízbázisokat fenyegető antropogén és környezeti veszélyeket, gyakorlati példákon keresztül igazoltam ezek kockázatait és negatív hatásait. A vízbázisokat érő havária helyzetek folyamán alkalmazható szükséges műveleti eljárásokat, valamint az utólagos kezelés lépéseit összefoglaltam, és azok szükségességét bizonyítottam.

2. Laboratóriumi mérésekkel vizsgáltam a kútvizek minőségi paramétereit. Bizonyítottam, hogy az előírt minőségi értékek között pár hónapos időintervallum alatt minimális eltérések lehetnek. Megállapítottam, hogy ha a vízáadó réteget, vagy a termelő hálózatot nem éri szennyeződés, a vízbázis megfelelő lehet a házi vízellátásba való integrálásra, mint kiegészítő vízellátás.

3. Laboratóriumi kísérletekkel és mérési sorozattal igazoltam, hogy a víztisztító tabletták, a forralás, illetve a vízsűrő berendezés alkalmazása megfelelő vízkezelési módszer lehet. Bizonyítottam, hogy ezek alkalmazásához nincs szükség speciális berendezésekre, könnyen elérhetők bárki számára, emiatt veszélyhelyzet esetén, valamint katonai terepi vízellátás során gyorsan és hatékonyan bevetethetők.

4. Az általam végzett laboratóriumi vizsgálatok eredményeivel igazoltam, hogy a mélyebb rétegből származó kútvizek emberi fogyasztásra is alkalmasak lehetnek, azonban a vízvizsgálat elengedhetetlen eleme a folyamatnak. Az ismert bakteriológiai és kémiai paraméterek függvényében lehet megállapítani azt, hogy milyen típusú és mértékű fertőtlenítésre van szükség. Ráműtattam, hogy ezután lehet csak biztonsággal akár ivóvíz céljára is használni az egyéni fűrt kutat.

5. Igazoltam, hogy a katasztrófaesemények során, amennyiben nincs vízellátásra lehetőség, az általam bemutatott víztisztítási lehetőségekkel rövidtávon a vízfertőtlenítés egyes szakaszai alkalmazhatók. Bizonyítottam, hogy a haváriahelyzet során kialakult fertőtlenítési eljárások a vizek és környezetük csíramentesítésére is alkalmasak, melyek szükségesek annak érdekében, hogy további egészségkárosító hatások ne következzenek be.

A KUTATÁSI EREDMÉNYEK HASZNOSÍTHATÓSÁGA

A kutatási eredményeimet a következő területeken lehet alkalmazni:

- A Vízművek számára a vízbiztonsági tervezés a múltban előfordult káresemények, valamint a jövőben várható prognosztizált események összességén alapulnak. Továbbá a rendszerhasználat, valamint a vízellátási folyamatok integrálása során a katasztrófaesemények során a magasabb rizikófaktorral rendelkező kutak helyettesítési tervének kidolgozására alkalmas. Továbbá a jövőben esetlegesen előforduló, prognosztizált veszélyekre adott elhárító intézkedések megtételéhez megfelelő javaslatok nyújtása.
- A Vízügyi Igazgatóságok a vízgazdálkodási tervek készítése és felülvizsgálata során alkalmazhatják szakszerűen.
- A jogszabályalkotók számára a kutak és létesítéseinek, valamint a vízbázisok védelmének érdekében a döntéshozás folyamatához szakszerű és átfogó képet kaphatnak a tanulmányból.
- Víz tisztítással foglalkozó cégek, akik vízfertőtlenítési termékeket forgalmaznak, gyártanak, illetve terveznek. Számukra segítség lehet az egyes termékek tesztelési és kivitelezési folyamataihoz.
- Kútfúrással foglalkozó cégek számára, akik szakszerű és biztonságos módon alkalmazzák a technikai kivitelezést, és a felhasználók számára a terepi felmérésen kívül egyéb szakmai tanácsokkal is szeretnének szolgálni.
- A Honvédelem számára, különösképpen a katonai vízellátással foglalkozó szakembereknek, valamint a víztisztító részleg számára.
- Az egyéni kúthasználók számára, akik a vízellátás biztosítását ástott, illetve fúrt kutakból szeretnék kivitelezni. Számukra pontos képet ad a tervezéshez és kivitelezéshez a vízminőségi paraméterek függvényében.

AJÁNLÁSOK

A doktori PhD értekezésemben megfogalmazott eredményeket a magán kúttal rendelkező személyeknek, valamint azon vízfelhasználóknak ajánlom, akik a saját kútjukból származó vizet célirányosan szeretnék felhasználni. Minden területen értékes, a vízellátásba beintegrálható vízkészletet lehet találni, mely minőségi tulajdonságaitól függ a felhasználás módja.

Javaslom továbbá a Honvédelmi és Katasztrófavédelmi szervek figyelmébe a disszertációm, mivel hasznos útmutató lehet egy-egy katasztrófaesemény során kialakult havária helyzet kezeléséhez, valamint az utólagos kárelhárító intézkedések során a remediációs eljárások tervezéséhez.

Továbbá a vízi közművek számára is ajánlom a disszertációm, mivel a benne foglaltak kiegészítő információk lehetnek a vízbiztonsági tervek elkészítéséhez, valamint felülvizsgálatához.

A Honvédelem számára a terepi vízellátáshoz nyújtok olyan javaslatokat, melyeket be lehet integrálni a vízellátás folyamatába. Valamint a kutatási eredményeim alapján a víztisztítási döntéshozatalt is hamarabb és szakszerűbben lehet meghozni a vízáadó réteg általános ismereteinek függvényében. A kutak vízminőségére vonatkozó eredmények a laboratóriumi mérések alapján gyakorlati eredményeknek, valamint a szakirodalmi kutatással kiegészítve tapasztalati értékeknek számíthatnak. Ez jelentős segítség, amikor nincs lehetőség a komplex laboratóriumi mérések lefuttatására, azonban a tapasztalati értékekkel összefüggésben gyors és szakszerű döntést lehet hozni a vízminőségi tulajdonságokra következtetve a tapasztalati értékelés nyomvonalára mentén.

Mindezeket túlmutatóan, ajánlom a dolgozatomat további kutatások elvégzésére azok számára, akik hasonló témakörben szeretnék vizsgálatokat végezni. A víztisztítási folyamat tanulmányozása, valamint a vízkezelési technológiák fejlesztése a jövő szakembereinek fontos kutatási területévé válhat. Továbbá a fertőtlenítés és sterilitás tanulmányozása komplex bakteriológiai és kémiai tudományterületet metsz, melynek fejlesztése és finomhangolása elengedhetetlen az egészségtudományi vizsgálatoknál.

A TÉMAKÖRT ÉRINTŐ PUBLIKÁCIÓK

- Kaluzsa A.; Kuti R.; Berek T.: Biztonsági szempontok a vízellátásban. MŰSZAKI KATONAI KÖZLÖNY XXVIII : 2 pp. 307-316. , 10 p. (2018)
- Kaluzsa A.: Die Verbesserung der Trinkwasserqualität in der ungarischen kommunalen Wasserversorgung nach der Gesetzereform II. HADMÉRNÖK 12 : 3 pp. 123-130. , 8 p. (2017)
- Kaluzsa A.: Die Verbesserung der Trinkwasserqualität in der ungarischen kommunalen Wasserversorgung nach der Gesetzereform I. HADMÉRNÖK 12 : 2 pp. 163-171. , 9 p. (2017)
- Kaluzsa A.: A kémiai szennyezők és vizeink biztonsága. MŰSZAKI KATONAI KÖZLÖNY 27 : 2 pp. 46-60. , 15 p. (2017)
- Kaluzsa A.; Dániel Z.: Katasztrófavédelmi koordinációval megvalósított vízelvezetési munkálatok Budapest X. kerületében. pp. 45-46. In: Bányász, Péter; Kiss, Dávid; Orbók, Ákos (szerk.) A tudomány kapujában: Poszter kiadvány. Budapest, Magyarország: Magyar Hadtudományi Társaság, (2016) p. 108
- Kaluzsa A.: Az árvízi védekezések munkálatai, valamint az árvíz hatása az ivóvízellátásra, különös tekintettel a parti szűrésű kutakra. MŰSZAKI KATONAI KÖZLÖNY XXVI : 2 pp. 49-58. (2016)
- Kaluzsa A.: Antropogén szennyezők és a klímaváltozás hatásai a fenntartható vízhasználatra. ÁLLAMTUDOMÁNYI MŰHELYTANULMÁNYOK (ON-LINE 2016-TÓL) 2016: 18 pp. 1-14. , 14 p. (2016)
- Kaluzsa A.: A hazai vízgazdálkodás rövid értékelése. HADMÉRNÖK XI : 2 pp. 70-77. , 8 p. (2016)
- Kaluzsa A.: A biogáz keletkezésének folyamata a szennyvíziszap rothasztása során. ECONOMICA (SZOLNOK) 8 : 3 pp. 148-153. (2015)

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] K. Takács: Analysis of microbiological methods applicable to water testing in our country. *Hadmérnök XV 1* (2020) 221-231.
- [2] N. Myers: Environmental Security Concerns. In: S. Stec, B. Baraj: *Energy and Environmental Challenges to Security, Part of the series NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security*. Budapest: Springer, 2007.
- [3] Padányi J.: Egyre kevesebb ivóvíz, egyre több katonai konfliktus. In: Csengeri János, Krajnc Zoltán (szerk.): *A hadtudomány és a hadviselés komplexitása a XXI. században*. Nemzeti Közszerológati Egyetem, Budapest, 2015.
- [4] Padányi J.: *Vízkonfliktusok, Hadtudomány; A Magyar Hadtudományi Társaság folyóirata 25 (E-szám); pp. 272-284., 2015*
- [5] Szalkai-Széll A.: *Az édesvízhiány hatása a világbiztonságra, különös tekintettel a Közel-Keletre, Doktori (PhD) értekezés, Nemzeti Közszerológati Egyetem, Budapest, 2012*
- [6] Vermes L.: *Vízgazdálkodás*. Budapest: Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, 1997. 106-107.o.
- [7] Ligetvári F.: *A vízgazdálkodás alapjai*.
www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0019_A_vizgazdalkodas_alapjai/ch01s02.html (Letöltve: 2019.01.29.)
- [8] Glatz F.: *Vízgazdálkodás a Kárpát-medencében*. MTA Társadalomkutató Központ, Budapest, 2009. Pp: 181-196. *Stratégia.jó.2009* (mtak.hu) (Letöltve: 2023.08.22.)
- [9] Kaluzsa A.: *A hazai vízgazdálkodás rövid értékelése*. *HADMÉRnök XI : 2 pp. 70-77. , 8 p.* (2016)
- [10] L. Muresan: *The Strategy for the Danube Action Plan*. Berlin: EURISK Foundation, 2011.
www.hss.de/download/110606_RM_Muresan.pdf (Letöltve: 2021.09.05.)
- [11] Magyarország és tájegységei: *Magyarország tájai és tájegységei - Bíró Csaba :: Déli Nap Krónika* Bíró Csaba Oldala (webnode.hu) (Letöltve: 2023.10.14.)
- [12] Takács K., et al.: *Fenntartható vízellátás biztosításának aktuális kérdései*. *Védelem Tudomány, Katasztrófavédelmi Online Tudományos Folyóirat II. évf. 2. szám 2017. p. 304-317.*
- [13] Dövényi Z.: *Magyarország kistájainak katasztere*. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 2010.
- [14] E-Közmű Térkép adatbázisa: <https://www.e-epites.hu/e-kozmu>, (Letöltve: 2023.05.09.)

[15] Kaluzsa A.: Die Verbesserung der Trinkwasserqualität in der ungarischen kommunalen Wasserversorgung nach der Gesetzreform I. HADMÉRNÖK 12 : 2 pp. 163-171. , 9 p. (2017)

[16] ELTE egyetemi jegyzet: Hidrológia, vízügy, vízgazdálkodás. elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/AlkalmazottEsVarosklimatologia/ch03.html (Letöltve: 2019.05.05.)

[17] Magyar Víziközmű Szövetség: A magyar víziközmű ágazat bemutatása – Átfogó tanulmány. www.maviz.org/system/files/kpmg-maviz_vizikoizmu_agazati_helyzetkep_20150513.pdf Pp: 11-12. (Letöltve: 2019.04.18.)

[18] Kereszty B.: Vízellátás – Csatornázás. Budapest, Műegyetemi Kiadó, 2003.

[19] Czigány Sz: A hidroszféra fejlődéstörténete és tulajdonságai. Pécsi Tudományegyetem. A víz körforgása (pte.hu) (Letöltve: 2023.10.11.)

[20] Kuti R.: A víz tűzoltói felhasználhatóságának lehetőségei, korlátai. Védelem, Tűz- és Katasztrófavédelmi Szakkönyvtár, 536 (2015) 1–8. www.vedelem.hu/letoltes/tanulmany/tan536.pdf (Letöltve: 2016.04.10. 19:50)

[21] R. Kuti, L. Földi: Extreme weather phenomena, improvement of preparedness. Hadmérnök, VII. 3. szám, 60-65. o. 2012. http://hadmernok.hu/2012_3_kuti_foldi.pdf (Letöltve: 2021.10.16.)

[22] R. Kuti, L. Földi: Extreme weather phenomena 2. The Process of Remediation. Hadmérnök, IX. 2. szám, 250-256. o. 2014. http://hadmernok.hu/142_23_foldil_kr.pdf (Letöltve: 2021.10.16)

[23] Kuti R.: Intézkedési program belvív-védekezési munkálatokhoz. Védelem: Tűz-és Katasztrófavédelmi Szakkönyvtár, 67, pp 1-12. 2007. <http://www.vedelem.hu/letoltes/tanulmany/tan67.pdf> (Letöltve: 2022.10.17.)

[24] Horváth G., Kuti R.: Об опыте базовой подготовки профессиональных пожарных к проведению аварийно-спасательных работ в Венгерской Республике, УДК 614.8, АКАДЕМИЯ ГПС МЧС России (Москва 2011), Orosz Állami Tűzoltó Akadémia tudományos kiadványa. <http://agps2006.narod.ru/ttb/2010-5/03-05-10.ttb.pdf> (Letöltve: 2019.11.23.)

[25] 2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról. <http://www.ifrc.org/Docs/idrl/912HU.pdf> (Letöltve: 2019.10.18.)

[26] Kuti R.: Extrém időjárási jelenségek kockázatai, a védekezéssel kapcsolatos önkormányzati feladatok, PolgárMesterkurzus, Önkormányzati megoldások a hatékony működés jegyében, Complex-Figyelő Önkormányzati konferencia. Konferencia helye, ideje: Budapest, 2011. 11. 23. pp. 1-25. 2011

[27] Major J.: Árvíz- és belvívvédelem. SZIE-YMMFK, Budapest, 2004. Pp: 5-88.

- [28] Országos Vízügyi Főigazgatóság hivatalos honlapja: www.ovf.hu/hu/arvizvedelem-1
(Letöltve: 2019.05.14.)
- [29] KÖTIVIZIG fogalomtár:
www.kotivizig.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=826&Itemid=137
(Letöltve: 2019.08.18.)
- [30] Kaluzsa A.: Az árvízi védekezések munkálatai, valamint az árvíz hatása az ivóvízellátásra, különös tekintettel a parti szűrésű kutakra. Műszaki Katonai Közlöny Online (XXVI) 2 (2016), PP: 49-58.
- [31] Nyíri G. és társai: Horizontális és csápos kutak hidraulikai modellezése különböző számítási eljárások segítségével. Hidrológiai Közlöny 2019. 99. évf. 4. sz. Pp: 35-41.
- [32] Károlyi A., Tolnai B. (szerk.): Víz-rajz – 140 éve a főváros szolgálatában.
www.vizmuvek.hu/jubileum/pics/konyv.pdf (Letöltve: 2019.08.22.)
- [33] Földi L.: A klímaváltozás által jelentkező új kihívások a kritikus infrastruktúra védelmében. In: Horváth A.: Fejezetek a kritikus infrastruktúra védelemből I. Budapest, Magyar Hadtudományi Társaság, 2013. Pp: 268-280.
- [34] Szilágyi F., Orbán V.: Alkalmazott hidrobiológia. Magyar Víziközmű Szövetség, Budapest, 2007. Pp:114-119
- [35] D. Parliari: Combined effects of atmospheric pollution and thermal stress on the environment. Doktori (PhD) Értekezés, Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, 2023
- [36] Öntözött területek Magyarországon - helyzetelemzés. madosz.hu (Letöltve: 2023.10.22)
- [37] Dávidovits Zs.: What extent can drinking water safety plan reduce the risks coming from disasters in the public water supply? Hadmérnök, IX 2 (2014) 241–249.
- [38] Berek T.-Dávidovits Zs.: Vízbiztonsági terv az ivóvízellátás minőségirányítási rendszerében. Hadmérnök, VII. 3. (2012), 5-13.
- [39] Berek T., Dávidovits Zs.: Vízbiztonsági terv szerepe az ivóvízellátás biztonsági rendszerében. Hadmérnök, VII 3 (2012) 14–25.
- [40] Kuti R., Grósz Z.: Biológiai eredetű veszélyhelyzetek kezelése, előtérben a mentesítési feladatok. Hadmérnök, XI. 1. (2016) 125-132.
- [41] Pharmaceuticals in Drinking Water. WHO, 2011.
www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/pharmaceuticals_20110601.pdf
(Letöltve: 2022.12.06.)
- [42] Mátyus S.: Vízellátás. Budapest: Fővárosi Vízművek, 2008

- [43] Pongor V. et al.: A 2013-as árvíz történeti és közegészségügyi vonatkozásai. www.kozegeszsegtan.sote.hu/fileadmin/media/hirek/arviz.pdf (Letöltve: 2019.04. 22.)
- [44] Kaluzsa A.: A kémiai szennyezők és vizeink biztonsága. Műszaki Katonai Közlöny Online (XXVII) 2 (2017), pp.: 46-60.
- [45] Ipari és vegyipari vízszennyezők: www.muszeroldal.hu/assistance/vizszennyezok.pdf (Letöltve: 2021.11.24.)
- [46] Jelentés. OKKP 2008. évi egyedi feladatainak megvalósításáról. www.kvvm.hu/szakmai/karmentes/jelentes2008/mellekletek/2b_mell_VIZIG_szoveg.pdf (Letöltve: 2016.11.20.) pp. 32-33.
- [47] Fizikai-kémiai módszerek (flotálás, koagulálás, flokkulálás) docplayer.hu/16145541-6-4-1-fizikai-kemiai-modszerek-flotalas-koagulalas-flokkulalas.html (Letöltve: 2016.11.20.)
- [48] KÖVIZIG sajtótájékoztatója: Békéscsaba, volt Patyolat Vállalat területének kármentesítése, Lakossági Fórum. www.kovizig.hu/06-projektek/02-europa-uniosprojektek/patyolat/Files/2015-06-04_Bekescsaba_Patyolat%20ea_Lakoss%C3%A1gi%20f%C3%B3rum_RL.pdf (Letöltve: 2016.11.20.)
- [49] A. Toffler: A harmadik hullám. Budapest, Typotex, 2001. Pp: 139-142.
- [50] Ipari vízhasználat: www.vizpont.hu/index.php/ipari-viz.html (Letöltve: 2016.05.12.)
- [51] lecsoblog.wordpress.com/tag/elelmszerlanc/ (Letöltve: 2016.05.08.)
- [52] Varga B. et al.: A klíma és a vízkészletek szerepe a kalászos gabonák nemesítésében. In: XVIII. Növénynevelési Tudományos Napok. Budapest, MTA Agrártudományok Osztálya, 2012. Pp:29-29.
- [53] Water footprint angol nyelvű oldala: waterfootprint.org/en/ (Letöltve: 2016.05.12.)
- [54] Földi L., Halász L.: Környezetmérnökök katasztrófavédelmi feladatai. Környezetmérnöki Tudástár XXXIII. Kötet, Pannon Egyetem – Környezetmérnöki Intézet, Veszprém, 2013. Pp: 40-43.
- [55] Kuti R., Nagy Á.: Weather Extremities, Challenges and Risks in Hungary. Aarms, XIV. 4. 2015, 299-305.
- [56] Kaluzsa A. et al.: Biztonsági szempontok a vízellátásban. MŰSZAKI KATONAI KÖZLÖNY XXVIII. 307-316., (2018)
- [57] EUR-Lex: ZöldKönyv a létfontosságú infrastruktúrák védelmére vonatkozó európai programról. eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=celex:52005DC0576 (Letöltve: 2018.01.03.)

- [58] Berek T., Rácz L. I.: Vízbázis, mint nemzeti létfontosságú rendszerelem védelme. Hadmérnök, 2013. VIII. Évfolyam 2. szám
- [59] 201/2001 (X.25.) Kormányrendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről. net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=a0100201.kor (Letöltve: 2021.10.11.)
- [60] 123/1997. (VII.18.) Kormányrendelet a vízbázisok, a távlati vízbázisok, valamint az ivóvízellátást szolgáló vízi létesítmények védelméről. net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=99700123.KOR (Letöltve: 2023.10.01.)
- [61] Berek T., Horváth T.: Fizikai védelmi rendszerek dinamikusan változó környezetben. Hadmérnök, 2014. IX. 2. 16.p.
- [62] Berek L.: Biztonságtechnika. Nemzeti Közszerológiai Egyetem, 2014.
- [63] Wechselwirkung zwischen Radiocasium-bodenkontamination und Hydrosphäre. Bécs, Umweltbundesamt, 1998.
<http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/BE111.pdf> (Letöltve: 2019.11.18.)
- [64] Magyarországi Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal honlapja: www.mekh.hu (Letöltve: 2020.09.07.)
- [65] Vass A., Berek L.: Napenergia és az elektronikai jelzőrendszer, villamos energia hálózattól távol lévő objektumok védelmének lehetőségei HADMÉRŐK 24:(2) pp. 41-57. (2015)
- [66] Berek L.L.- Berek T.- Berek L.: Személy- és vagyonbiztonság, ÓE-BGK 3071, Budapest, 2016. ISBN:978-615-5460-94-4BL
- [67] 27/2006. (II.7.) Kormányrendelet a vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel szembeni védelméről net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=a0600027.kor
- [68] 2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A1200166.TV
- [69] 65/2013. (III.8.) Kormányrendelet a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről szóló 2012. évi CLXVI. törvény végrehajtásáról
- [70] Nagyághy Cs.: Duna parti szűrésű ivóvíz kutak víztisztító kapacitásának vizsgálata. Előadás
http://kornyezet.elte.hu/cimlap/hu/kornytan/Zarovizsga/Vedes_prez/120625/NagyaghyCsilla.pdf (Letöltve: 2023.03.05.)
- [71] 2000. évi XXV. törvény a kémiai biztonságról:
net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0000025.TV
- [72] Cimer Zs., Halász L.: A kémiai biztonsági jogszabályok változása, a CLP és a Seveso II. irányelv kapcsolata. Hadmérnök, V. 1. hadmernok.hu/2010_1_cimer_halasz.pdf 2010.

- [73] N. Zetinigg: Regeln für den Schutz von Trinkwasserfassungen in Österreich. TU Graz, 2011 (65).Pp: 11-13.
- [74] Vízvédelmi zónák osztrák rendszerének ábrázolása.
ooewasser.at/de/wasserversorgung/technik/wasserschongebiet-undwasserschutzgebiet.html
(Letöltve: 2020.03.11.)
- [75] Magyar Víziközmű Szövetség: A magyar víziközmű ágazat bemutatása – Átfogó tanulmány.
www.maviz.org/system/files/kpmgmaviz_vizikoizmu_agazati_helyzetkep_20150513.pdf
(Letöltve: 2022.10.08)
- [76] Mádlné Szőnyi J.: (szerk.): Hidrogeológia. Elektronikus egyetemi jegyzet, 2013.
elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/Hidrogeologia/book.pdf (Letöltve: 2016.02.09.
19:19)
- [77] Rácz L. I.: Magyarország felszíni és felszín alatti vizeinek minősége, védelme.
Hadmérnök, IX 2 (2014) 257–266.
- [78] Mógor J., Földi L., Solymosi J.: Lépések a kritikus infrastruktúra védelmének magyarországi szabályozása felé. Hadmérnök, III 4 (2008) 15–28.
- [79] Laczik B.: A kritikus infrastruktúra védelem elveinek, céljainak és a veszélyes ipari üzemek biztonságának összefüggései, kapcsolatuk. Hadmérnök, VI 2 (2011) 55–68.
- [80] Horváth A.: A kritikus infrastruktúra védelem komplex értelmezésének szükségessége.
In: Horváth A.:Fejezetek a kritikus infrastruktúra védelemből II. Budapest: Magyar Hadtudományi Társaság, 2013.
- [81] Dávidovits Zs.: A lakossági vízellátás környezetbiztonsági kockázatai és a vízminősítés laboratóriumi módszerei. Védelem, 2011. december. 1–11.
www.vedelem.hu/letoltes/tanulmany/tan374.pdf (Letöltve: 2022.12.03.)
- [82] EU Víz Keretirányelv honlapja. www.euvki.hu (Letöltve: 2016.01.27.)
- [83] Molnár G.: Az ártéri gazdálkodás - a Kárpát-medencei gazdasági-politikai kontinuitás alapja V. rész : Az ártéri gazdálkodás és az egyes ártéri haszonvételek. Országépítő: 1992. III. 3-4. Pp: 69.
- [84] Halász L., Földi L.: Környezetbiztonság. Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest (2014).
- [85] Deák P.: Biztonságpolitika a hétköznapokban. Zrínyi Kiadó, Budapest, 2009.
- [86] Ádám É.: Mikrobiológia. Semmelweis Kiadó, Budapest, 2013.
- [87] MSZ EN ISO 9308-1:2001 E. coli és coliform-szám meghatározása membránszűréses módszerrel.

- [88] MSZ EN ISO 16266:2008 *Pseudomonas aeruginosa* meghatározása membránszűrési módszerrel.
- [89] MSZ EN ISO 7899-2:2000 *Enterococcus faecalis* meghatározása membránszűrési módszerrel.
- [90] Nemzeti Népegészségügyi Központ: Magyarország ivóvízminősége, 2017. Budapest, 2019/3. <https://www.antsz.hu/data/cms90078/Ivovizminoseg2017.pdf> (Letöltés ideje: 2021.02.18.).
- [91] Borsodi A.: Klasszikus és molekuláris mikrobiológiai laboratóriumi gyakorlatok. Eötvös Loránd Tudományegyetem, elektronikus jegyzet, 2018. p. 66.
- [92] C. C. Olivares et al.: Chlorine disinfection of *Pseudomonas aeruginosa*, total coliforms, *Escherichia coli* and *Enterococcus faecalis*: revisiting reclaimed water regulations. *Water Science and Technology*, (2011) 64:11. pp: 2151-2157.
- [93] *Enterococcus Faecalis*: Causes, Symptoms, and Treatments (healthline.com). (Letöltve: 2023.04.01.)
- [94] MSZ 448-25:1981 DPD-s titrimetriás klórmennyiség meghatározása.
- [95] Pechó Z.: Fertőtlenítéstan és sterilizálás. Semmelweis Egyetem Egészségügyi Főiskolai Kar, Semmelweis Kiadó, Budapest, 2001.
- [96] Török S.: Vízellátás és szennyvízkezelés. Gödöllő, Szent István Egyetem, 2011.
- [97] M. R. Adam et al.: Advances in adsorptive membrane technology for water treatment and resource recovery applications: A critical review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, (2022) Volume 10, Issue 3, 107633
- [99] A.B. Alayande et al: Ultraviolet light-activated peroxymonosulfate (UV/PMS) system for humic acid mineralization: Effects of ionic matrix and feasible application in seawater reverse osmosis desalination. *Environmental Pollution*, (2022) Volume 307, 118943
- [100] S. Castronovo et al.: Biodegradation of the artificial sweetener acesulfame in biological wastewater treatment and sandfilters. *Water Research*, (2017) pp: 342-353.
- [101] G. Maniam et al.: An assessment of technological development and applications of decentralized water reuse: A critical review and conceptual framework. *WIREs Water*, (2022), Volume 9, Issue 3.
- [102] Füstös L.: A sokváltozós adatelemzés módszerei. In: Füstös L., Szalma I.: Módszertani füzetek. MTA Szociológiai Kutatóintézete, Társadalomtudományi Elemzések Akadémiai Műhelye (TEAM), 2009.
- [103] Sajó Zs.: Főkomponens analízis. <https://sajozsattila.home.blog/2021/08/02/fokomponens-analizis-2/> (letöltve: 2023.08.27.)

[104] Bufa-Dórr Zs. et. al.: Magyarország ivóvízminősége, 2020. Nemzeti Népegészségügyi Központ, Jelentés, 2021.

[105] Országos Közegészségügyi Központ: Ivóvíz kiskaté, lakossági tájékoztató a gyakran ismételt kérdésekről, 2016. <http://oki.antsz.hu/files/dokumentumtar/kiskate-2016-03.pdf> (Letöltve: 2020.10.13.).

[106] Kállay E.: A magyar honvédség vízellátása, különös tekintettel a víztisztításra. Nemzeti Közszolgálati Egyetem, doktori értekezés, 2013.

[107] Deák T. et al: Élelmiszer-mikrobiológia. Corvinus Egyetem, Mezőgazda Kiadó, 2006.

[108] Kukri R. N.: Ásott és fűrt kutak vízminőségének vizsgálata Fornoson (Munkácsi járás, Kárpátalja), Földtudományi és Turizmus Tanszék, 2021.
<https://dspace.kmf.uz.ua/jspui/handle/123456789/1210> (Letöltve: 2023.08.12)

[109] Alapi T. et. al.: Kémiai oxidációs eljárások a vízkezelésben. Életünk a víz, LXX. ÉVFOLYAM 11. SZÁM (2015)

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Elsősorban a két témavezetőnek, Dr. Kuti Rajmundnak és Dr. Berek Tamásnak szeretnék köszönetet mondani. A Katonai Műszaki Doktori Iskolába való felvételemtől kezdve mindig segítettek, és a szakmai kérdéseimmel bármikor fordulhattam hozzájuk segítségért, amely a cikkek lektorálástól kezdve a jelen disszertáció elkészítéséig rengeteg idő és energia volt részükről, melyért nem győzők köszönetet mondani nekik.

Továbbá szeretnék köszönetet mondani a Katonai Műszaki Doktori Iskola összes oktatójának és munkatársainak, kiemelve Dr. Földi László egyetemi oktatót, valamint Halász László Professzor Urat, akiknek a tanórái során rengeteget tanultam a katonai környezetbiztonságról, és a kutatási irányvonalak segítségével még precízebben sikerült összeállítanom az adott témakör publikációit.

A kutatásaim elvégzéséhez kiemelkedő segítséget nyújtott az Alföldvíz Zrt. Központi Laboratóriuma. Ezúton szeretnék köszönetet mondani minden kedves volt kollégámnak, akik szakmai hozzáértésükkel támogattak, segítettek a mérések elvégzésében, és lehetővé tették a vizsgálatokat.

Az igazi láthatatlan hősök azok a segítők, akik a folyamat során szinte észrevétlenül, de hatalmas segítséget nyújtottak. Szeretném kiemelni bátyámat, Kaluzsa Mihályt, aki a vízmintavételezésben, valamint azok szállításában segédkezett, továbbá Jenei Katalint, aki a vízmintavételi helyek nagy részét biztosította. Továbbá volt kollégámat, Harangozó Gábort szeretném kiemelni, akinek a vízügyi és geológiai szakmai tudása hatalmas lendületet adott a szakirodalmi kutatáshoz és a mérési metódus kidolgozásához is.

Továbbá szeretnék köszönetet mondani a családomnak és a barátaimnak, akik mindig biztattak és támogattak. Nélkülük sosem sikerült volna a disszertációm elkészítése.

MELLÉKLETEK

Táptalajok összetétele:

Táptalaj:	Pseudomonas Selective Agar, Base (Cetrimide Agar):
Gyártó:	Merck Kft.
Összetétel (g/liter):	Pepton zselatin 20,0
	magnézium-klorid 1,4
	kálium-szulfát 10,0
	N-cetil-N,N,N-trimetil-ammónium-bromid (cetrimid) 0,3
	agar-agar 13,0
	1000 ml desztillált víz
Egyéb adalék:	10 ml glicerin

Táptalaj:	Laktóz-fenolvörös bouillon (LFB):
Összetétel (1 liter):	pepton 10,0 g
	nátrium-klorid 5,0 g
	laktóz 10,0 g
	0,4%-os fenolvörös oldat
	1000 ml desztillált víz

Táptalaj:	Chromocult Coliform Agar
Gyártó:	Merck Kft.
Összetétel (g/liter):	Peptonok 3,0
	nátrium-klorid 5,0
	nátrium-dihidrogén-foszfát 2,7
	nátrium-piruvát 1,0
	triptofán 1,0
	agar-agar 10,0
	szorbit 1,0

	Tergitol 7 0,15
	kromogén keverék 0,4

Táptalaj:	Élesztőkivonatos agar (Yeast Extract Agar)
Gyártó:	Merck Kft.
Összetétel (g/liter):	Pepton kazein 6,0
	élesztőkivonat 3,0
	agar-agar 15,0

Táptalaj:	Lactose TTC Agar with Tergitol 7
Gyártó:	Merck Kft.
Összetétel (g/liter):	laktóz 20,0
	pepton 10,0
	élesztőkivonat 6,0
	húskivonat 5,0
	brómtimolkék 0,05
	Tergitol 7 0,1
	agar-agar 12,7
Adalék:	TTC 0,025

Táptalaj:	Epe-eszkulin Agar (Bile Salt Aesculin Azide Agar:
Gyártó:	Biokar Kft.
Összetétel (g/liter):	pepton 3,0
	tripton 17,0
	élesztőkivonat 5,0
	nátrium-klorid 5,0
	eszkulin 1,0
	vas(III)-citrát 0,5

	marhaepe 10,0
	nátrium-azid 0,15
	agar-agar 13,0

Táptalaj:	Slanetz-Bartley-féle Szelektív agar
Gyártó:	Biolab Kft.
Összetétel (g/liter):	pepton kazeinből 15,0
	pepton szójalisztból 5,0
	élesztőkivonat 5,0
	D(+)-glükóz 2,0
	dikálium-hidrogén-foszfát 4,0
	nátrium-azid 0,4
	2,3,5-Trifeniltetrazolium-klorid (TTC) 0,1
	agar-agar 10,0

Táptalaj:	KING Agar B
Gyártó:	Biolab Kft.
Összetétel (g/liter):	Proteóz pepton 20,0
	magnézium-szulfát 1,5
	trikálium-foszfát-3-hidrát 1,8
	agar-agar 10,0
Adalék:	10,0 g/liter glicerin

Táptalaj:	Nutrient Agar
Gyártó:	Biolab Kft.
Összetétel (g/liter):	Pepton húsból 5,0
	húskivonat 3,0

	agar-agar 12,0
--	----------------

Táptalaj:	Laktóz-leves
Gyártó:	Merck Kft.
Összetétel (g/liter):	Pepton 5,0
	marhahús kivonat 3,0
	laktóz 5,0

Reagens:	Kovács-féle reagens
Gyártó:	Biolab Kft.
	n-Butanol
	sósav
	4-dimetil-aminobenzaldehyd (4-dimethylamino-benzaldehyde)

Eszköz:	Oxidáz tesztsík (Oxi ref. 2001)
Gyártó:	Diagnostics Kft.