

VÍZIKÖZMŰ-HÁLÓZATI ESEMÉNYMENEDZSMENT ADATVEZÉRELT MEGKÖZELÍTÉSSEL

Béres Richárd

alkalmazástechnikai mérnök

Kivonat

A terjedelmes adatkészletek algoritmizált feldolgozása új távlatokat nyit a víziközművek üzemeltetését segítő döntéstámogatás terén. Az adatvezérelt megközelítés alkalmazása azonban a szemléletmód és a munkafolyamatok fejlesztését is megköveteli (digitális átállás). A cikk a TaKaDu központi eseménymenedzsment-rendszer példáján keresztül mutatja be a digitális átállásra fordítandó költségek megtérülési módozatait, emellett kitér a DMA-körzetek optimális méretezésének szempontjaira, valamint a fő teljesítménymutatók szerepére az üzemeltetés hatékonyságának javításában. A bemutatott eredmények tényleges méréseken alapulnak, melyeket a világ számos pontján már bevezetett, több éve üzemelő eseménymenedzsment-rendszerek használata során gyűjtöttek össze.

Kulcsszavak

smart water, víz 4.0, víziközmű adatelemzés, központi eseménymenedzsment, digitális átállás, megtérülés, DMA-körzetek, teljesítménymutatók, KPI, algoritmizált feldolgozás, döntéstámogatás

BEVEZETÉS

Csakúgy, mint életünk sok más területén, a modern technológia térnyerése a víziközmű-hálózatok üzemeltetőit is új kihívások elé állítja, de egyúttal számos lehetőség megnyílásával is kecsegtet. Galileo Galilei egyik híres mondása szerint: „*Ami mérhető, mérd meg, ami nem mérhető, tedd mérhetővé!*”. Ezzel összhangban most már a technológia adta eszközök segítségével képesek vagyunk a víziközmű-hálózaton működő nagyszámú érzékelő mérési adatait sűrű mérési gyakoriság mellett továbbítani és tárolni. Az így keletkező óriási adatkészletek feldolgozása azonban hagyományos elemzési módszerekkel egyre nehezkesebbé válik. Ennek megoldását célozza a *Smart Water* vagy *Víz 4.0* megközelítés, melynek keretében algoritmizált feldolgozással tesszük döntéstámogatásra alkalmassá a nagy terjedelmű adatsorokat, így szinte azonnal értesülhetünk a hálózaton bekövetkező eseményekről, adott esetben anomáliákról, ezzel kiaknázva a hosszú adatsorokban rejlő értékeket (Béres 2020).

Dolgozatomban a **TaKaDu** cég által kidolgozott központi eseménymenedzsment-rendszer (a továbbiakban *KEM-rendszer*) üzemeltetése során gyűjtött tapasztalatokat szeretném közzétenni, kiemelve a digitális átállás eredményeként várható gazdasági előnyöket, a mérési körzetek optimális méretezésének szempontjait, valamint a teljesítménymutatók bevezetésének szerepét a hálózat állapotának kiértékelésében és az adatminőség javításában.

A DIGITÁLIS ÁTÁLLÁS MEGTÉRÜLÉSE

Smart Water, Víz 4.0

A *Smart Water* alapokra helyezett víziközmű-hálózat adatvezérelt alkotóelemek és megoldások teljesen integrált rendszere, melynek segítségével a víziközmű-szolgáltató képes optimalizálni a vízelosztás, szennyvízgyűjtés és -tisztítás valamennyi elemét (*The Smart Water Journey – SWAN Forum*). Az *Ipar 4.0* kifejezés nyomán gyakran *Víz 4.0* megnevezéssel is utalnak erre a megközelítésre, azt sejtetve, hogy az új koncepció forradalmi újításokat hozhat magával. Bár a „forradalmi” kifejezés túlzónak tűnhet egy sok évtizedes tapasztalattal rendelkező iparág bevált és kiforrott módszereinek megújításával kapcsolatban, annyi bizonyos, hogy a digitális átállás (transzformáció) a szervezet egésze számára tartogat kihívásokat a szemléletmód és a munkafolyamatok újragondolása terén.

A TaKaDu KEM-rendszer működési elve

A hálózaton bekövetkező események észlelése és kiértékelése összetett, szabadalommal védett statisztikai algoritmusok alkalmazásával történik. Ez magában foglalja a hálózati anomáliák felismerését, a mérési pontokon várható értékek előrejelzésének számítását és a felhasználói döntések figyelembevételét gépi tanulási módszerekkel. A digitális átállás eredményeként várható megtakarítás számítása során a TaKaDu által a világ számos pontján kiépített KEM-rendszerekkel gyűjtött eredményeket fogjuk felhasználni (TaKaDu 2021a).

Üzemeltetési költségek csökkentése

A meghibásodások korai észleléséből és javításából származó érték a hosszú időn át tartó vízvesztesség megakadályozásában rejlik. Felismerés hiányában a vízvesztés egészen addig folytatódna, amíg a csőtörés végül a felszínen láthatóvá nem válna, vagyis amíg lakossági bejelentés nem érkezne róla, vagy amíg a felderítés valamilyen más módszerrel meg nem történik. A tapasztalatok szerint a *rejtett* szivárgások általában körülbelül *egy évig* rejtve is maradnak, mielőtt a felszínen láthatóvá válnának; így a megtakarítás számítása során ezt az időtartamot vesszük alapul.

A víziközmű-hálózaton fellépő vízvesztésekre egységesen *szivárgás* megnevezéssel hivatkozunk, de ez természetesen ugyanúgy vonatkozik azokra a vízvesztésekre is, melyek nem műszaki meghibásodás, hanem illegális vízvétel miatt következnek be. Az ilyen jellegű események is hosszú időn át rejtve maradhatnak. Ha a szivárgás miatt bekövetkező napi vízvesztéseget megszorozzuk az év napjainak számával, megkapjuk a megtakarított éves vízmennyiséget. Bár a szivárgások mértéke általában növekszik az idő előrehaladtával, mégis inkább konzervatív megközelítést alkalmazunk, és nem növeljük a nagyságrendet a számítási időszak (egy év) során. A vízvesztesség-csökkentés értékének kiszámításához először össze kell gyűjteni az adott időszak alatt várható, valószínűleg észlelésre és javításra kerülő, vízvesztességhez köthető eseményeket. Az *1. táblázatban* a vízvesztesség-csökkentésből származó becsült megtakarítás látható, mégpedig hat hónap alatt észlelt 13 szivárgás alapján. Ebben a példában a víz költsége 180 Ft/l.

Egy 50–80 DMA-körzetre osztott, 2000 km hosszúságú hálózat esetén havonta 1–5 szivárgás észlelése valószínűsíthető, átlagosan 1,3 l/s nagyságrenddel.

Esemény sor-száma	Nagyságrend [l/s]	Időtartam	Számított vízvesztesség [m ³ /nap]	12 havi vízvesztesség, ha rejtve maradt volna a hiba [m ³]	12 havi megtakarítás [millió Ft]
1	1,4	1,5 hét	61,6	22 491	4,0
2	29,0	1,3 nap	864,2	315 446	56,8
3	0,9	2,9 hét	58,0	21 170	3,8
4	2,0	41,8 hét	172,8	63 072	11,4
5	0,9	41,4 hét	78,6	28 698	5,2
6	1,6	30,6 hét	39,1	14 284	2,6
7	0,3	27,2 hét	2,1	755	0,1
8	0,6	30,9 hét	47,5	17 345	3,1
9	5,1	1 hét	213,3	77 844	14,0
10	1,1	12 óra	40,6	14 805	2,7
11	0,4	23,6 hét	38,0	13 876	2,5
12	1,1	15 hét	17,3	6 306	1,1
13	0,6	1,7 hét	29,3	10 695	1,9
Összesen			1662,4	606 785	109,2

1. táblázat. Példa az észlelt események mérőszámai alapján számított éves megtakarításra

A szivárgások és más események korai észlelése lehetőséget nyújt arra, hogy proaktív megközelítést alkalmazzunk a víziközmű-hálózat karbantartása során. Ez azt jelenti, hogy a szivárgásokat a kialakulásuk közben hamar kezelésbe lehet venni, így a javítási költségek és a járulékos károk alacsonyabbak lesznek ahhoz képest, mint ha a szokásos módon csak később vennénk észre a szivárgásokat. Az üzemeltetési költségek várható csökkenésének számítása során a 2. táblázatban a következő paramétereket lehet figyelembe venni:

- szivárgási események várható éves darabszáma
- átlagos javítási költség a szivárgások későn történő észlelése esetén, például csőtöréseknél
- átlagos javítási költség a szivárgások korai észlelése esetén, például rejtett szivárgások esetén
- a csőtörések miatt keletkező járulékos károk éves költsége
- a járulékos károk várható csökkenése a szivárgások korai észlelésének köszönhetően

		KEM-rendszerrel	KEM-rendszer nélkül
Szivárgási események száma	26*		
Javítási költség			
Normál javítás egységköltsége [millió Ft]			2,16
Korai javítás egységköltsége [millió Ft]		1,08	
Éves összköltség [millió Ft]		28,08	56,16
Következményes károk			
Korai észlelésnek köszönhető csökkenés [%]	10%		
Következményes károk éves összege [millió Ft]		97,2	108,0
Összköltség [millió Ft]		125,28	164,16
Összes megtakarítás [millió Ft]		38,88	

2. táblázat. Példa az üzemeltetési költségcsökkentésre

* Várhatóan 26 szivárgási esemény észlelése történik évente. Néhány szivárgási esemény több szivárgáshoz is köthető a DMA-körzetben. A terepen dolgozó munkacsoportok eseményenként átlagosan 1,2 szivárgást találnak meg és javítanak ki

A munkaerő hatékonyabb felhasználása

Hozzáadott értéként jelentkezik az események automatikus észlelése, azok automatikus prioritizálása, valamint az, hogy a professzionális és felhasználóbarát kezelőfelület leegyszerűsíti a hálózati események megértését és kezelését az életciklusuk során, továbbá csökkenti a megtalálásukhoz szükséges terepi munkavégzést. Így javulhat az egyes részlegek közötti kommunikáció, és optimálisabban kihasználható az irodai és terepi munkaerő-kapacitás. A 3. táblázatban ennek részletes kifejtése látható.

		KEM-rendszerrel	KEM-rendszer nélkül
Vezérlőtermi operátorok hatékonysága			
Éves bérköltés [millió Ft]	7,2		
Műszakhossz [óra]	8		
Eseménymenedzsmenttel töltött idő [óra]		2	4
Szükséges dolgozói létszám	1		
Igénybe vett műszakhányad		0,25	0,50
Vezérlőtermi operátor költsége [millió Ft]		1,6	3,2
Hatékonyságnövelésből adódó megtakarítás [millió Ft]		1,6	
Nem Számlázott Vízárt (NSzV) felelős részleg hatékonysága			
Éves bérköltés [millió Ft]	7,2		
Műszakhossz [óra]	8		
Szükséges idő [óra]		1	5
Szükséges dolgozói létszám	1		
Igénybe vett műszakhányad		0,125	0,625
NSzV csoport költsége [millió Ft]		0,9	4,5
Hatékonyságnövelésből adódó megtakarítás [millió Ft]		3,6	
Szivárgáskereső csoport hatékonysága			
Átlagosan átvizsgált vezeték hossz szivárgásonként [km]		6,4	8,0
Lokalizálandó szivárgások száma	31,2*		
Szivárgáskereső költség [Ft/km]	54 000		
Szivárgáskereső éves költsége [millió Ft]		10,8	13,5
Szivárgáskereső csoport létszáma		2	3
Éves bérköltés [millió Ft]	7,2	14,4	21,6
Szivárgáskereső csoport költsége [millió Ft]		25,2	35,1
Hatékonyságnövelésből adódó megtakarítás [millió Ft]		9,9	
Összesítés			
Összes költség		27,7	42,8
Összes megtakarítás		15,1	

3. táblázat. Példa a munkaerő hatékonyságának javítására

* A terepen dolgozó munkacsoportok eseményenként átlagosan 1,2 szivárgást találnak meg és javítanak ki, így adódik a 31,2 érték

Távmerési problémák és mérőhibák gyors kezelése

Ha a mérőműszerek nem küldenek adatot távmérési problémák vagy mérőhibák miatt, akkor a terület megfigyelésének lehetősége és a szivárgási események észlelése rendkívül korlátozott lesz. A KEM-rendszer használatával a víziközmű-szolgáltatók képesek korán észlelni az ilyen eseményeket, ami így a hibás mérőeszközök gyors javítását teszi lehetővé, ami pozitívan hat a hálózat láthatóságára (a megfigyelési lehetőségekre) és lerövidíti a vízvesztéssel összefüggő problémák időtartamát. Ez viszont csökkenti az észrevétlenül fellépő, vízvesztéséget okozó rejtett szivárgások gyakoriságát és időtartamát.

Esemény típusa	Időtartam KEM-rendszerrel [nap]	Időtartam KEM-rendszer nél- kül [nap]	Megtakarított idő [nap]	Elfolyt víz költsége [mil- lió Ft]
Mérőhiba	14,10	21,15	7,05	0,16
Mérőhiba	0,64	0,96	0,32	0,01
Mérőhiba	3,93	5,90	1,97	0,05
Mérőhiba	7,57	11,36	3,79	0,09
Mérőhiba	12,50	18,75	6,25	0,14
Mérőhiba	0,56	0,84	0,28	0,01
Távmerési probléma	206,03	309,05	103,02	2,37
Távmerési probléma	212,85	319,27	106,42	2,45
Távmerési probléma	215,99	323,98	107,99	2,49
Távmerési probléma	217,85	326,78	108,93	2,51
Távmerési probléma	219,07	328,60	109,53	2,52

4. táblázat. Példa a távmerési és mérőhiba események időtartamának csökkentésére

Az eseménylista csak részleges. Egy 2000 km-es, 50–80 DMA-körzetre osztott hálózat esetén észszerű az a becslés, mely szerint évente 100 darab, átfolyási értékek távmeréséhez és mérőhibákhoz kapcsolódó eseményt fogunk észlelni

A 4. táblázat a következő feltevéseken alapul:

- az átlagos napi vízveszteség 128 m^3 , így a szivárgási események napi költsége 23 040 Ft ($128 \text{ m}^3 \times 180 \text{ Ft/m}^3$)
- KEM-rendszer használata nélkül a távmerési, illetve mérőhiba-események felismerése 50%-kal több időbe telik, mint KEM-rendszer használatával
- a korai felismerésből származó megtakarítást a megtakarított időtartam és az átlagos napi vízveszteség költségének szorzata adja

További előnyök

A fentiekén kívül sok más előny is származhat a KEM-rendszer használatából, melyeket a konzervatív megközelítés és a számszerűsíthetőség miatt nem vettünk figyelembe, de a hatásuk mindenképpen érezhető lesz.

- vízveszteség
 - kevesebb illegális vízvételzés
 - csőtörések megelőzése
- hálózatüzemeltetés hatékonysága
 - gyorsabb kommunikáció az egyes részlegek között
 - kevesebb túlóra
 - alacsonyabb alvállalkozói költségek
 - adatvezérelt döntéshozatal
 - egyértelmű rálátás a hálózati eszközök állapotára
- ügyfélszolgálat
 - elégedettebb ügyfelek a szolgáltatás magasabb színvonalának köszönhetően
 - gyorsabb problémakezelés, amely kevésbé látható a fogyasztók számára, így kisebb a kedvezőtlen sajtóvisszhang esélye
 - kevesebb ügyfélpanasz
 - rövidebb javítási ciklusidő

- digitális átállás
 - növekvő agilitás és rugalmasság
 - integrálhatóság más rendszerekkel és Smart City funkciókkal
 - felkészülés az IoT-eszközök esetleges későbbi bevezetésére
- törvényi megfelelés
 - jobb hálózati rendelkezésre állás
 - törvényben előírt nyomás és vízminőségi paraméterek fokozott betarthatósága
 - alacsonyabb következményes károk, kevesebb potenciális kártérítési igény
- személyzeti erőforrások
 - egyszerűsített és szabványosított munkafolyamat
 - gyorsabb átállás és alkalmazás
 - az üzemeltetés kevésbé függ a nyugdíj előtt álló, tapasztalt szakemberek speciális ismereteitől, mert megfelelő képzést követően az új, kevésbé tapasztalt munkatársak is képesek lesznek a hálózat megfigyelésére és az események kezelésére

Várható éves megtérülés

A KEM-rendszer valódi technológiai ugrást jelent, melynek kiaknázásával a víziközmű-szolgáltatók jobb rálátást nyerhetnek a hálózaton bekövetkező eseményekre, és könnyebben kezelhetik azokat. Így kiküszöbölhetők a kevésbé hatékony munkafolyamatok, illetve gördülékenyebbé tehető az egyes részlegek és munkatársak közötti kommunikáció, továbbá szabványosíthatók az irodai és terepi munkafolyamatok.

A világ számos pontján több éve üzemelő KEM-rendszerekkel szerzett tapasztalatok azt mutatják, hogy a *várható éves megtérülés* a rendszer bevezetésére és működtetésére fordított költségek *5–10-szerese*.

DMA-KÖRZETEK OPTIMÁLIS MÉRETEZÉSE

A hálózatot *DMA-körzetekre* (District Metered Area, mérési körzet) kell osztani, hogy azok külön-külön megfigyelhetővé váljanak, a bekövetkező események pedig könnyebben lokalizálhatók legyenek. A DMA-körzetekkel kapcsolatos számítások a tömegmegmaradás törvényére vezethetők vissza, mely szerint egy adott körzet összes vízfogyasztása megegyezik a körzetbe betáplált térfogat és a körzetet elhagyó térfogat különbözetével. De hogyan határozhatjuk meg a meghibásodások keresése szempontjából optimális DMA-körzetméretet? A szolgáltatási terület elaprózott felosztásának ugyanúgy megvannak az előnyei és hátrányai, mint a terjedelmes körzetek létrehozásának. Mivel a célunk a meghibásodások feltérképezése, ezért az optimum megtalálása érdekében tudnunk kellene az adott DMA-körzetre jellemző *legkisebb észlelhető meghibásodás-nagyságot* (TaKaDu 2021b).

Ennek kiszámításához szükségünk lesz a DMA-körzetméret mérőszámaira: bekötések száma, elosztó csőhálózat teljes hossza és átlagos napi vízfogyasztás. Az *5. táblázatban* láthatók a szokásos értékek. Mivel a napi vízfogyasztás a méretezési fázisban általában még nem ismert, ezért módot kell találnunk a mérőszámok egymásba történő átszámítására.

DMA-mérőszámok	Gyakori	Medián	Ajánlott
Bekötések száma [db]	300–3000	~1000	500–2000
Csőhossz [km]	10–100	~15	10–40
Napi vízfogyasztás [m ³ /nap]	100–3000	~720	

5. táblázat. A vizsgált víziközművekre jellemző DMA-mérőszámok eloszlása

A három DMA-mérőszám közötti kapcsolatot, csakúgy, mint az összetett hálózatokat leíró számos más eloszlást, a hatványtörvény írja le. Korreláció fedezhető fel a *bekötések száma* C és a *csőhossz* L , illetve a *bekötések száma* C és a *napi vízfogyasztás* S között (C [db], L [m], S [l/nap]):

$$C = 0,22 \cdot L^{0,83}$$

$$C = 0,10 \cdot S^{0,67}$$

Például: ha a csőhossz 10 000 m, akkor a bekötések száma valószínűsíthetően 459 darab. Ha a vízfogyasztás 1 000 000 l/nap, akkor a bekötések száma valószínűsíthetően 1047 darab.

De mekkora a *legkisebb észlelhető meghibásodás-nagyság*, mely már anomália jelenlétéről árulkodik? A részletes elméleti háttér taglalása nélkül, az adatsorok elemzése alapján ennek értéke:

$$\text{Legkisebb észlelhető meghibásodás-nagyság [l/nap]} = \chi \cdot 5,62 \cdot C^{0,75}$$

ahol az χ tapasztalati szám javasolt értéke 10.

Így egy 300 bekötést tartalmazó DMA-körzetben a legkisebb észlelhető meghibásodás-nagyság 4054 l/nap (0,05 l/s), egy 4000 bekötést tartalmazó körzetben pedig 28 284 l/nap (0,32 l/s).

Az 1. ábrán egy konkrét meghibásodásra láthatunk példát.



1. ábra. Példa egy 441 bekötést tartalmazó DMA-körzetben észlelt meghibásodásra

A zöld vonal a historikus adatokból számított előrejelzés, a kék pedig a ténylegesen mért érték

További támpontot nyújthat a DMA-körzet méretének optimális megválasztásához az adatminőséget jellemző változékonysági és periodicitási mutatószámok elemzése. A tapasztalatok szerint mindkét mutatószám egyértelműen hanyatlásnak indul 100–300 bekötésnél. Adatminőség szempontjából a legstabilabb eredményt a 300–1000 bekötést tartalmazó DMA-körzetek adják.

A fentiek alapján a DMA-körzetek tervezésekor figyelembe kell venni, hogy az *elaprózott* felosztás az adatminőség rovására fog menni, míg a *terjedelmes* DMA-körzetekben a *legkisebb észlelhető*

meghibásodás-nagyság a gyakorlati alkalmazhatóságot megnehezítő mértékűre nőhet. Ezek figyelembevételével viszont található olyan optimum, mely mindkét szempontnak megfelel.

A KÖZPONTI ESEMÉNYMENEDZSMENT FŐ TELJESÍTMÉNYMUTATÓI

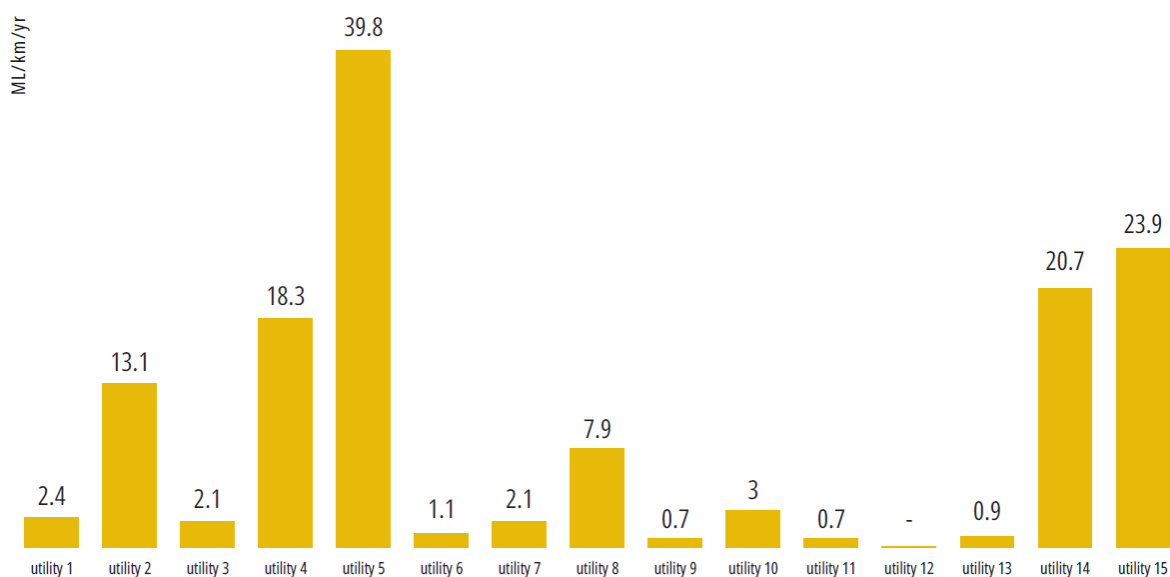
A fő teljesítménymutatók (Key Performance Indicator, KPI) bevezetésének előnye abban rejlik, hogy a víziközmű-szolgáltató számára így mérhetővé válik az eseménymenedzsment hatékonysága, ugyanakkor az iparág többi szereplőjének teljesítményével is össze tudja hasonlítani magát. Ennek köszönhetően nem csupán elszigetelt szereplőként kell megküzdeni az üzemeltetés kihívásaival, hanem madártávlatból elemezhetők és össze is hasonlíthatók a folyamatok, így még több eszköz áll rendelkezésre a fejlődési lehetőségek felismeréséhez. A teljesítménymutatókat normalizáljuk, így kiküszöbölve a hálózat méretének és helyének különbözőségéből adódó eltéréseket. Az itt közölt teljesítménymutatók a világ különböző pontjain működő 15 víziközmű-szolgáltató méréseiből származnak (TaKaDu 2022).

Vízmegetakarítás

Az éves vízmegetakarításra jellemző teljesítménymutató számítása során összegezzük a rendszer által automatikusan észlelt és valósnak bizonyult, tényleges vízvesztést okozó eseményeket. A vízvesztés számított értéke abból adódik, hogy az adott veszteségtípus általában mennyi ideig szokott fennállni a KEM-rendszer használata nélkül. Iparági tapasztalatok alapján a rejtett szivárgások általában körülbelül egy évig észrevétlenül maradnak.

A 2. ábrán több olyan víziközmű is látható, melynél a megetakarítás 3000 m³/km/év-nél kevesebb volt, másoknál viszont 20 000–40 000 m³/km/év értékek adódtak. Ha az eredményeket a többi teljesítménymutatóval összefüggésben vizsgáljuk, arra következtethetünk, hogy a legalacsonyabb megetakarítást produkáló víziközművek a többi területen (például az adatminőség, reagálási idő, távmérési problémák és mérőhibák tekintetében) is alacsony pontszámmal rendelkeztek. Ennek a fordítottja is igaz: a nagy vízmegetakarítás általában a többi mérőszám esetében is magasabb értékekkel jár együtt.

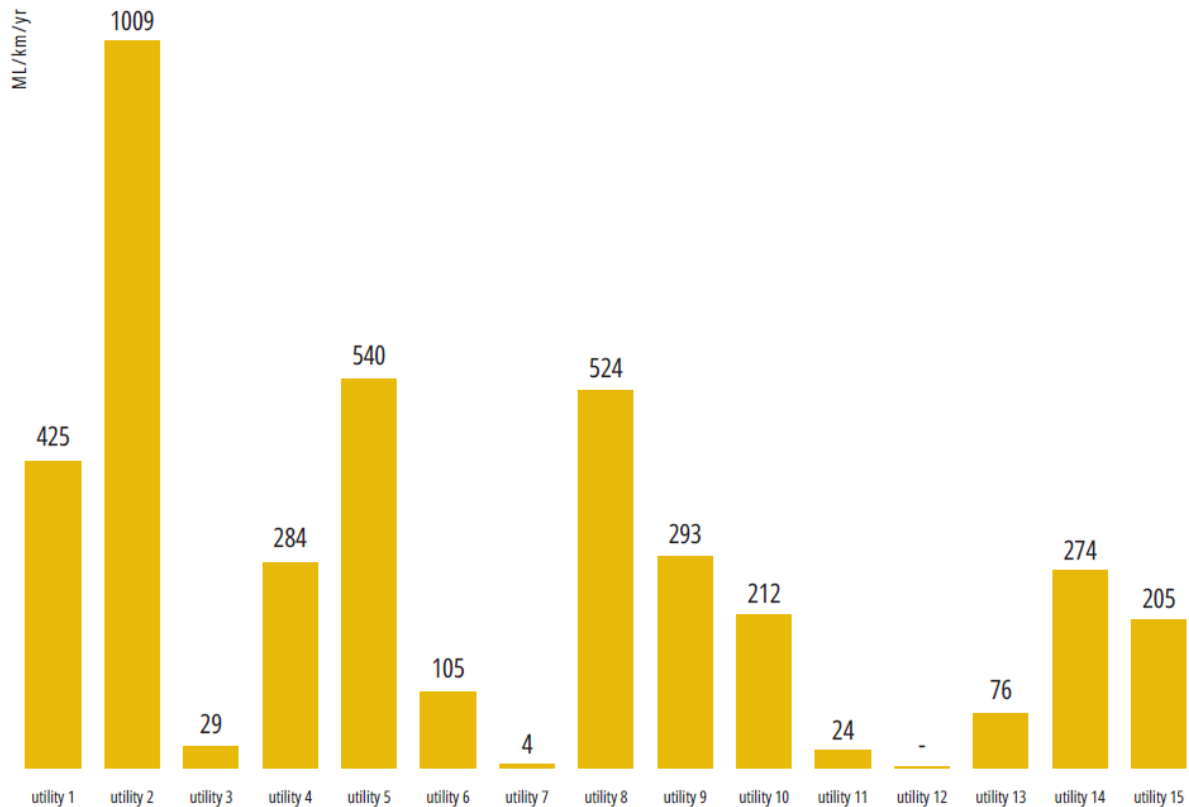
A KEM-rendszer alkalmazásával elérhető tipikus vízmegetakarítás mértéke: 7000 m³/km/év.



2. ábra. Vízmegetakarítás [ezer m³/km/év] a vizsgált 15 víziközmű-szolgáltatónál

Vízvesztés

A vízvesztésre jellemző teljesítménymutató a rendszer által automatikusan észlelt és valószínűleg bizonyult vízvesztési események összegzéséből adódik, és szoros kapcsolatban áll a vízmegtakarítási mutatóval. A vízvesztésre jellemző teljesítménymutató $200 \text{ m}^3/\text{km}/\text{év}$ értékénél magasabb szokott lenni. Az ennél alacsonyabb érték adathiányra, gyenge adatminőségre vagy a KEM-rendszer nem megfelelő használatára utal. A 3. ábrán a vizsgált víziközművekre jellemző értékek láthatók.



3. ábra. Vízvesztés [ezer $\text{m}^3/\text{km}/\text{év}$] a vizsgált 15 víziközmű-szolgáltatónál

Adatminőséget és elérhetőséget jellemző mutatószámok

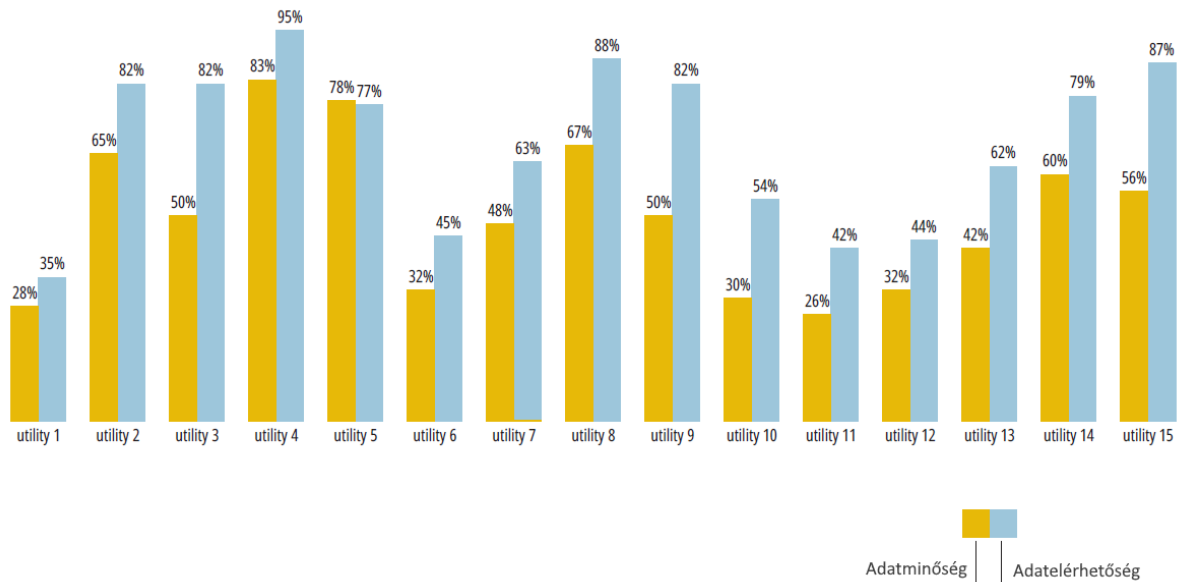
Ez a két teljesítménymutató biztosítja a legjobb rálátást a víziközmű hibakeresési képességére. Azokon a hálózatrészeken, ahonnan az adatok rendszertelenül érkeznek be, ráadásul ingadozó minőségben, ott az események, esetleges meghibásodások észlelésének lehetőségei is korlátozottak. Az adatelérhetőségi mutató az átviteli várakozási idő és a mintavételezési hiány együttes hatásából adódik.

- Az átviteli várakozási idő az aktuális időpont és a legutóbbi mintavételezési időpont között eltelt idő, figyelembe véve az érzékelő átviteli gyakoriságát. Minél rövidebb az átviteli várakozási idő, annál jobb az adatelérhetőség.
- A mintavételezési hiány a mintavételezési gyakoriság szerint várható mintavételezések közül a hiányzó vagy érvénytelen minták számarányát jellemzi. Minél kisebb ez az érték, annál jobb az adatelérhetőség.

Több tényező is kihat az adatminőségre, ezek közül a periodicitás viszonylag erős befolyással bír, így ez jól használható az adatminőség jellemzésére. A periodicitás azt írja le, hogy a vízfogyasztási mintázat mennyire pontosan ismétlődik, például az aktuális hét hétfői napja mennyire hasonlít az előző két hét hétfői napjára. Ugyanez érvényes a napi vízfogyasztási görbére. Ha ez a görbe következetesen ismétlődik hosszabb időn keresztül, akkor a periodicitási érték

magas lesz, ami magas adatminőségi mutatószámot eredményez. Minél jobb az adatminőség, annál jobb lesz a víziközmű azon képessége, hogy megbízhatóan ismerje fel a szivárgásokat.

Az adatminőségi mutatószám csak akkor lehet magas, ha az adatelérhetőségi mutató is kedvező. A tapasztalatok szerint a hálózatfigyelés minősége akkor jó, ha az adatminőségi mutató legalább 60%-ot, az adatelérhetőségi mutató pedig legalább 70%-ot ér el. Az alacsonyabb értékek arra utalnak, hogy vannak vakfoltok a hálózaton, melyeknek korlátozott a láthatósága, így az ott kialakuló szivárgások is nehezebben észlelhetők. A 4. ábrán a vizsgált víziközművekre jellemző értékek láthatók.



4. ábra. Adatminőségi és elérhetőségi mutatószámok a vizsgált 15 víziközmű-szolgáltatónál

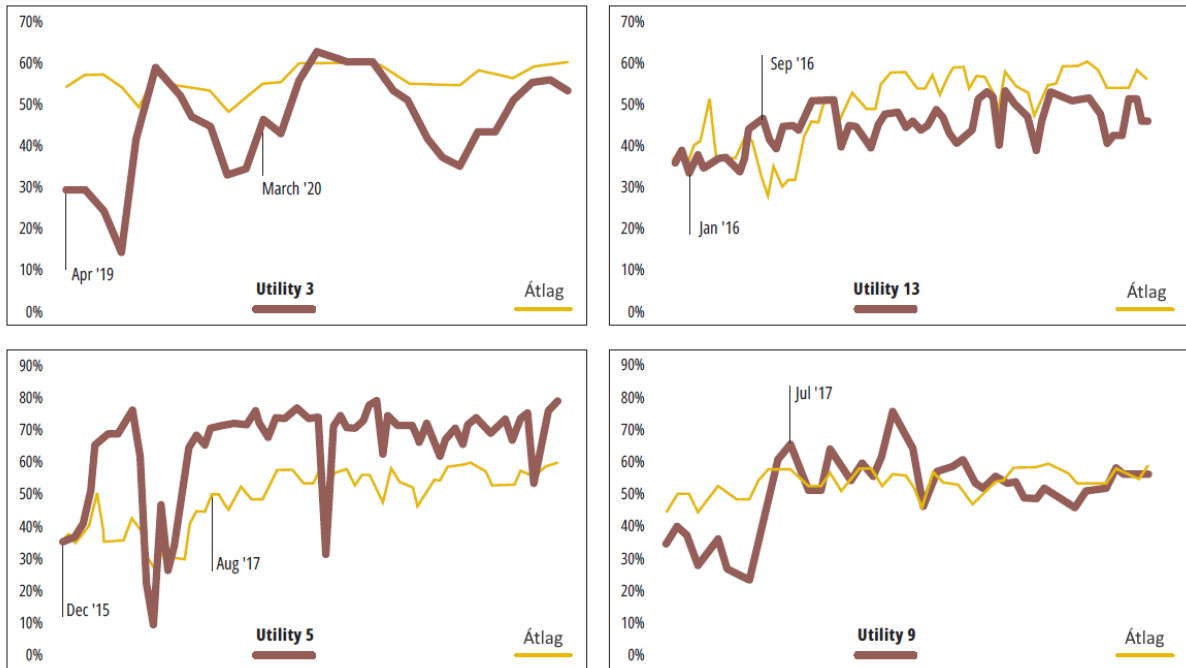
Adatminőségi trend

Előfordulhat, hogy a KEM-rendszer bevezetésekor a víziközmű adatminőségi mutatószáma még nem a legjobb. Az idő múlásával azonban a rendszer által számított teljesítménymutatók rálátást engednek a problémás területekre, így fokozatosan javítható a mutatószám.

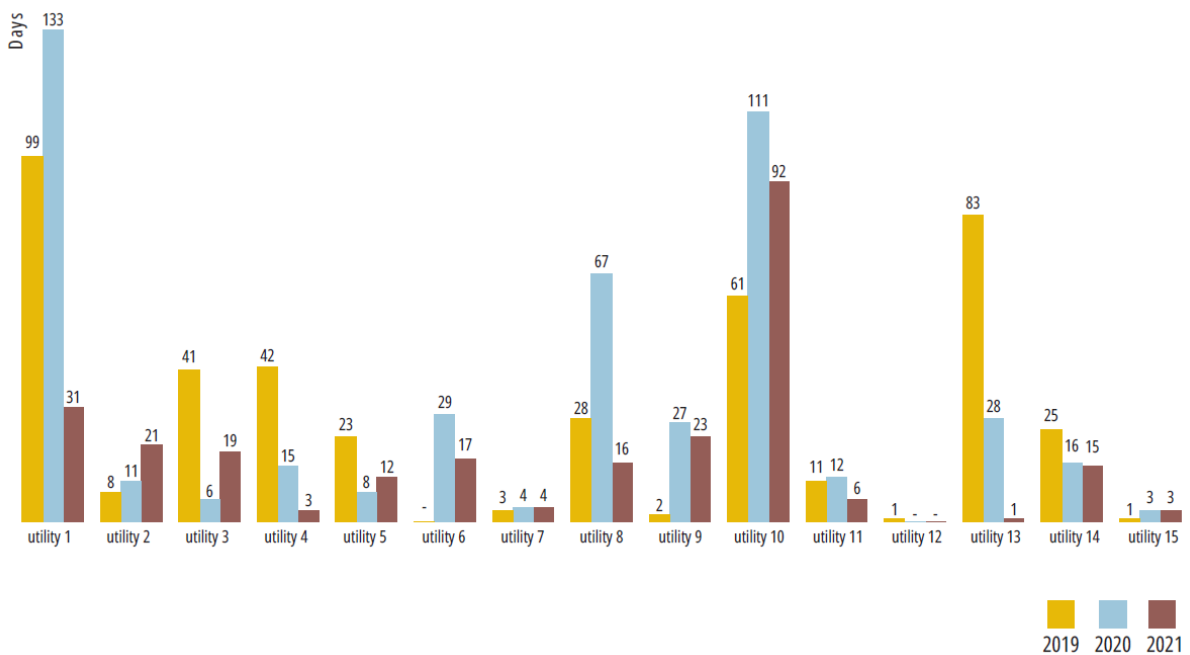
Az 5. ábrán egy-egy víziközmű-szolgáltató adatminőségi mutatószámainak alakulása látható, összevetve az összes vizsgált szolgáltató átlagos mutatójával. A legtöbb esetben jelentős javulás történik a KEM-rendszer alkalmazásának első évében, majd ezt követően a javulás mértékét leíró görbe ellaposodik, de a javulás tovább folytatódik.

Reagálási idő normál szivárgások esetén

A 6. ábrán az átlagos reagálási idő látható az esemény észlelésétől a kijavításon keresztül a rendszerben való lezárásáig. Minél gyorsabb a reagálás, annál kisebb lesz a vízvesztés. A legtöbb víziközmű-szolgáltató jelentősen gyorsította a reagálás idejét az elmúlt három évben. Ez azt tükrözi, hogy egyre átfogóbban alkalmazták a KEM-rendszer által nyújtott módszertant és folyamatokat, így javult az egyes részlegek közötti kommunikáció; a korábban elkülönült adattárakkal dolgozó részlegek integrálták a tevékenységüket, így jobban ráláttak a hálózat aktuális állapotára, és a döntéseket gyorsabban meg lehetett hozni. A tapasztalatok alapján ésszerű cél lehet az 1 hétnél rövidebb reagálási idő elérése a normál szivárgások esetében.



5. ábra. Adatminőségi trend néhány vizsgált víziközmű-szolgáltatónál

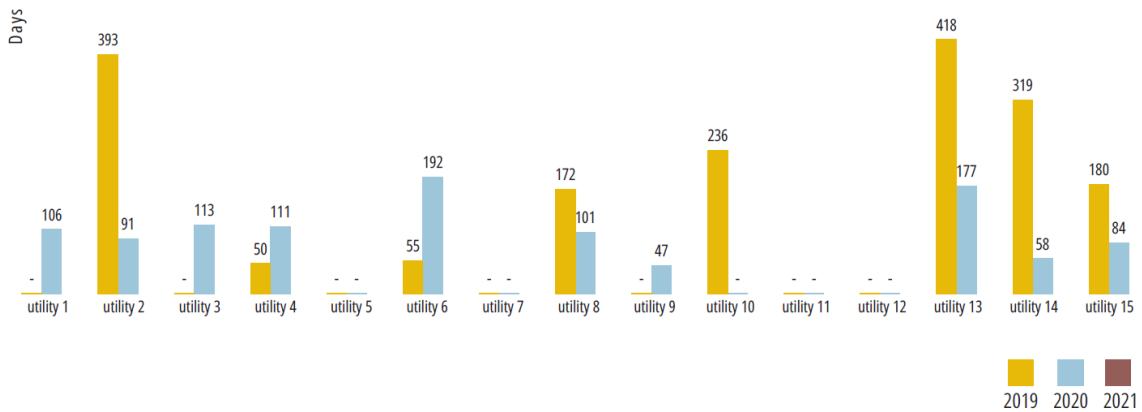


6. ábra. Reagálási idő [napok száma] normál szivárgások esetén a vizsgált 15 víziközműnél

Reagálási idő rejtett szivárgások esetén

Mivel a rejtett szivárgások általában kisebb nagyságrendűek, mint a normál szivárgások, ezért sokszor kevésbé figyelnek oda ezekre, így a javítás szempontjából alacsonyabb prioritást kapnak, emiatt a reagálási idő általában hosszabb. Ezenkívül a hely és a forrás megtalálása rendkívül időigényes lehet, és a teljes folyamat több részleg bevonását is igényelheti. Nem szokatlan, hogy a KEM-rendszer alkalmazásának első évében a reagálási idő 15 hét vagy annál is

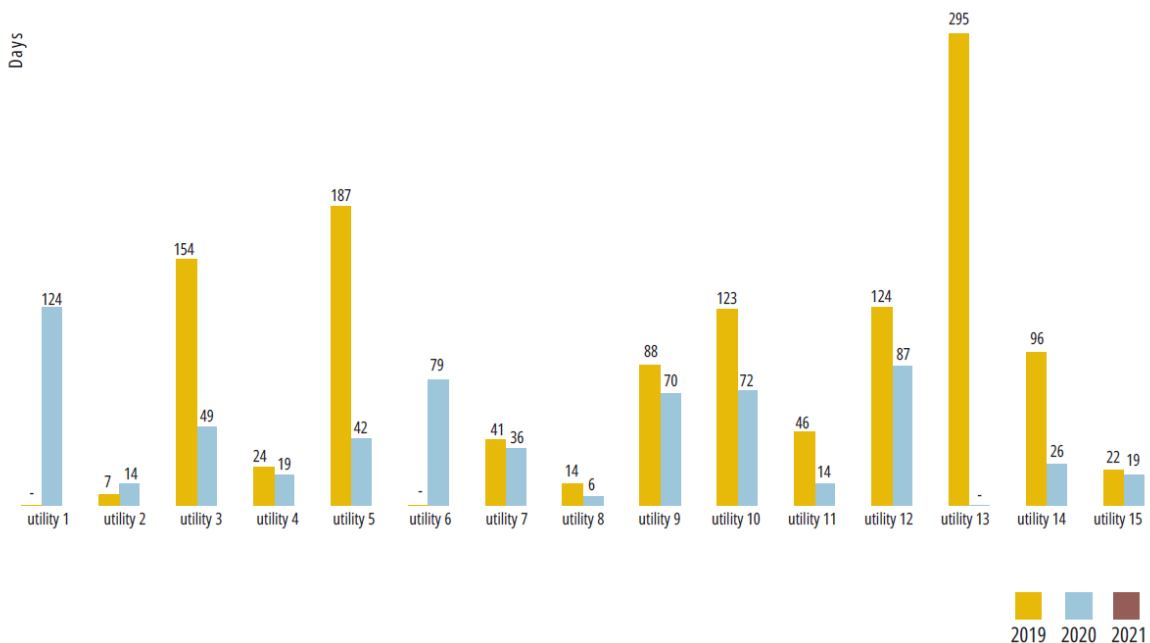
hosszabb, akár hat hónap vagy egy év is lehet. A rejtett szivárgás volumenétől függően a hosszú reagálási idő komoly vízvesztést okozhat. A 7. ábrán a vizsgált víziközművekre jellemző értékek láthatók. A reagálási idő csökkentését elősegítheti a munkafolyamatok optimalizálása, a prioritás növelése és a fokozottan integrált együttműködés a részlegek között a KEM-rendszer bevezetését követően. A tapasztalatok alapján észszerű cél lehet 2–6 hét reagálási idő elérése a rejtett szivárgások esetében.



7. ábra. Reagálási idő [napok száma] rejtett szivárgások esetén a vizsgált 15 víziközműnél

Reagálási idő a távmérési problémák és mérőhibák esetén

Távmérési problémák és mérőhibák bárhol előfordulhatnak. Az ilyen problémákra való reagálás ideje fontos, mert kihatással van az adatok minőségére és elérhetőségére, ami viszont meghatározza, hogy milyen gyorsan lehet felismerni a rejtett és normál szivárgásokat. A legtöbb vizsgált víziközmű-szolgáltató képes volt jelentős javulást elérni a reagálási idő terén. Ahol hosszú reagálási idő volt jellemző korábban, ott mintegy 60%-kal csökkentették azt három év alatt (8. ábra). Ez nagyrészt a munkafolyamatok optimalizálásának és a fokozottan integrált együttműködésnek volt köszönhető. A tapasztalatok alapján észszerű cél lehet 1 hét reagálási idő elérése a távmérési problémák és mérőhibák esetében.

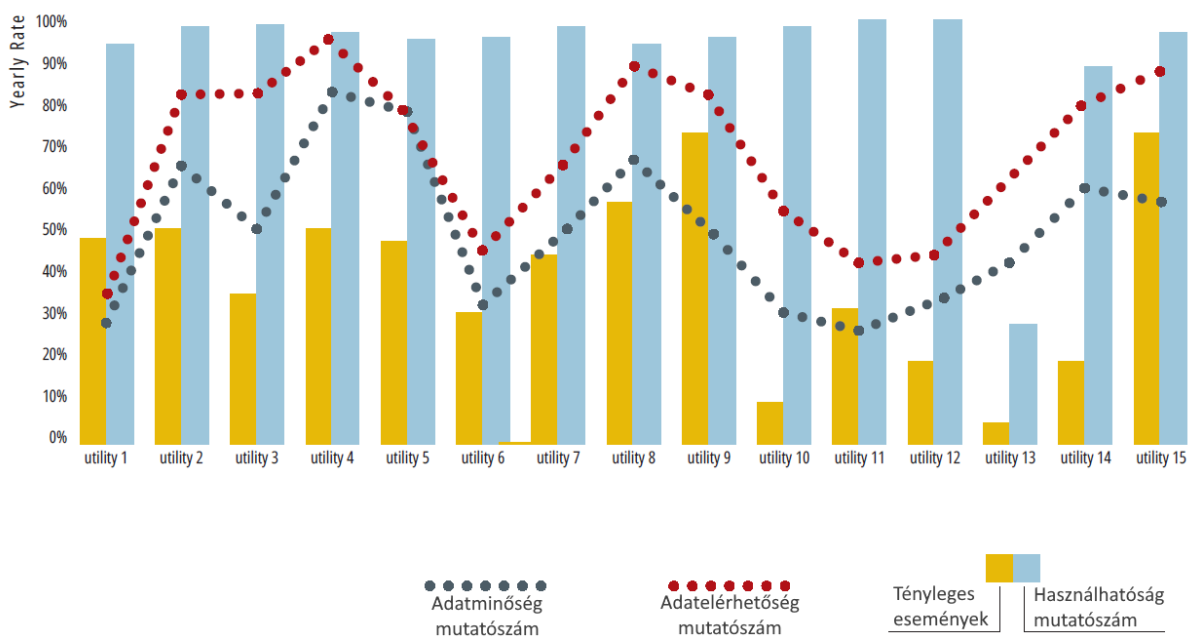


8. ábra. Reagálási idő [napok száma] a távmérési problémák és mérőhibák esetén a vizsgált 15 víziközműnél

Valós vízvesztést okozó, tényleges események éves észlelési aránya

Ez a teljesítménymutató azt jellemzi, hogy az észlelt események mekkora hányada bizonyul valós vízvesztést okozó (tényleges) eseménynek, vagyis nem téves riasztásnak, melyet esetleg egy nagyobb vízelvétel okozott. A 9. ábrán a vizsgált víziközművekre jellemző értékek láthatók. Összefüggés figyelhető meg a tényleges események észlelési aránya és az adatelérhetőség, adatminőség és használhatóság¹ között. A tényleges események észlelését leíró mutatószám magas értéke kihatással van a használhatósági mutatóra, és ez a hatás oda-vissza egyaránt érvényesül. Ennek oka, hogy az adatok megbízhatósága esetén a felhasználók is jobban meg fogják bízni a rendszerben, így arra éreznek ösztönzést, hogy még inkább kihasználják a rendszer nyújtotta lehetőségeket. Ehhez hasonlóan az, ahogyan a felhasználók együttműködnek a rendszerrel, hatással lesz a rendszer azon képességére, hogy észlelje az anomáliákat és különbséget tudjon tenni a rendeltetészerű vízelvételek és a szivárgások között. A visszacsatolás által a rendszer képes tanulni, így jobb lesz a tényleges események észlelési aránya.

Fontos megjegyezni, hogy a tényleges események észlelési aránya csak akkor lehet magas, ha az adatelérhetőség magas, az adatminőség pedig legalább átlagos mértékű. A legtöbb esetben szoros összefüggés van a magas használhatóság, a magas adatelérhetőség, a jó adatminőség és a tényleges események nagy arányban történő észlelésének képessége között. A tényleges események észlelési arányának tipikus értéke 73%–81%.



9. ábra. Tényleges események észlelési aránya [%] a vizsgált 15 víziközmű-szolgáltatónál

ÖSSZEFOGLALÁS

Áttekintettük a víziközművek mérési adatsorainak algoritmizált feldolgozásában rejlő lehetőségeket és a TaKaDu központi eseménymenedzsment-rendszer működési elvét. Példákon keresztül rámutattunk, hogy a digitális átállás várható éves megtérülése a rendszer bevezetésére és működtetésére fordított költségek 5–10-szerese; ez az üzemeltetési költségek csökkentése,

¹ A használhatósági mutatószám azt jellemzi, hogy a felhasználók milyen mértékben használják ki a KEM-rendszer nyújtotta lehetőségeket. Minél több eseménnyel foglalkozik a felhasználó a rendszer által beazonosított események közül, annál magasabb ez a mutatószám.

a munkaerő hatékonyabb felhasználása, a távmérési problémák és mérőhibák gyors kezelése és más, kevésbé számszerűsíthető előnyök kiaknázásával érhető el.

A DMA-körzetek méretének optimális megválasztásával kapcsolatban bevezettük a legkisebb észlelhető meghibásodás-nagyságot, mint paramétert, és arra a következtetésre jutottunk, hogy míg az elaprózott felosztás az adatminőség rovására fog menni, addig a terjedelmes DMA-körzetekben viszont a legkisebb észlelhető meghibásodás-nagyság fog a gyakorlati alkalmazhatóságot megnehezítő mértékűre nőni. Ezek figyelembevételével viszont található olyan optimum, mely mindkét szempontnak megfelel.

Szemügyre vettük a KEM-rendszer fő teljesítménymutatóinak (KPI) létjogosultságát és az alkalmazásukban rejlő lehetőségeket. A tapasztalatok alapján a KEM-rendszerrel elérhető vízmegtakarítás tipikus értéke $7000 \text{ m}^3/\text{km}/\text{év}$, a vízvesztesség pedig $200 \text{ m}^3/\text{km}/\text{év}$ felett szokott lenni; az adatminőségi mutató célértéke legalább 60%, az adatelérhetőségi mutatóé pedig legalább 70%; a reagálási idő normál szivárgások esetén legfeljebb 1 hét, rejtett szivárgások esetén legfeljebb 2–6 hét, míg a távmérési problémákra és mérőhibákra vonatkozóan legfeljebb 1 hét legyen; végül pedig a KEM-rendszerrel elérhető, tényleges eseményeket felismerő észlelési arány 73%–81%.

IRODALOM

Béres Richárd (2020): Okos víziközmű hálózatdiagnosztika a mérési adatok automatizált feldolgozásával, 10. o., Óbudai Egyetem, Székesfehérvár

The Smart Water Journey – SWAN Forum: <https://swan-forum.com/smart-water-network/>

TaKaDu (2021a): Beyond Numbers: Calculating the Economic Value of the TaKaDu Central Event Management Solution, <https://blog.takadu.com/>

TaKaDu (2021b): Let's Talk About DMA Size, <https://www.takadu.com/>

TaKaDu (2022): Key Performance Benchmarks for Central Event Management, <https://blog.takadu.com/>