2.02
3.18
5.03

Vízellátó rendszerek helyreállításának tervezése a GIS-től az elektronikus adatfeldolgozásig

Tárgyszavak: helyreállítás; csővezeték; vízvezeték-hálózat; GIS; elektronikus adatfeldolgozás; állapotértékelés.

Vízvezeték-hálózat állapotfelmérése – Erfurt példáján

Az Erfurti Főiskola és a Thüwa Thüringen Wasser GmbH közötti kooperáció keretében dolgoztak az erfurti vízvezeték-hálózat helyreállításának problémáján.

A munka során a következő lépéseket tették:

- az erfurti csőhálózat anyagszerkezetének meghatározása,
- az 1990 előtti és az 1993 utáni kárjelentések értékelése (kárjelentések rögzítése és értékelése csőanyagok, fektetési évek, károk és károkozók szerint),
- az állapottérképek elektronikus feldolgozása és tárolása, 1:1000, ill. 1:500 léptékben (a szerző ezt „kis GIS[1]”-nek nevezi),
- a vezetékszakaszok ábrázolása vezetékgeometriával és az adatok csőhálózat-adatbankban tárolása, ID-számok (azonosító) adása az állapotadatokhoz való hozzárendeléssel,
- káradatbank felépítése,
- káradatok szemléltetése (a káradatoknak a vezetékszakaszokhoz, ill. részterületekhez való hozzárendelése),
- a város területének részterületekre való felosztása a városszerkezet és az úthálózat alapján az anyagszerkezet részterületek szerinti meghatározásához,
- vizsgálatok végzése vízellátó hálózatok teljes körű helyreállításához,
- hidraulikus vizsgálatok a kevertvíz-betáplálás problémájához.

Az erfurti és szomszédos városokból származó csőminták anyagtechnikai vizsgálatát először 2000-ben végezték, és ezt követően folya-

[1] GIS = Geographical Information System, térinformatikai rendszer

matosan vizsgálják a káresetekből származó csőmintákat. A vizsgálatokat jelenleg egy anyagvizsgáló laboratóriumban végzik elektromos fűrész és homokfúvó kamra felhasználásával, továbbá szükség esetén nyomáspróbákat és mikroszkópos anyagfelvételeket készítenek. Az eredményeket tárolják – a jövőben egy képadatbankban.

Ez az eljárás ma lehetőséget ad arra, hogy a csőhálózat teljes állapotát megítélhessék és megalapozzák a csőhálózat helyreállításához szükségessé váló beavatkozást. Ezeket jelenleg még a károk gyakoriságának megítélésével határozzák el.

A teljes körű állapotfelmérési vizsgálatok megmutatták ennek a rehabilitációs stratégiának az alkalmazásával járó előnyöket a költségmegtakarítást tekintve, a kevertvíz-betáplálás vizsgálatai megmutatták annak szükségességét, hogy a helyreállítás sorrendjének meghatározásánál figyelembe vegyék a folyási sebességek és folyásirányok megváltozása miatti vízminőségi paraméterek változásainak lehetséges hatását.

Az utóbb említett vizsgálatokból adódóan felmerült az a kérdés, hogy felhasználható-e a teljes csőhálózat helyreállítási tervének előkészítésére az OptNet elektronikus adatfeldolgozó program, abból a célból, hogy az intézkedések sorrendjét meghatározzák. Ehhez különösképpen alapot szolgáltatott a város 32 részterületre való felosztása az anyag- és korstruktúra differenciált meghatározásával. A 32 részterület magában foglalja az 1945-ig beépített városterületet és néhány 1945 óta létrehozott új beépítési területet – vagyis a legrégebbi csőhálózattal rendelkező városrészeket.

A mai szoftvermegoldások alapjai és követelményei a helyreállítás tervezéséhez

A helyreállítás tervezéséhez alkalmazott szoftvermegoldásokhoz a csőhálózatról nagy számú információ szükséges, mint:

- állapotadatok (anyag, NA, fektetés éve, adott esetben a csőkötések, korrózióvédelem kívül és belül stb.),
- káradatok (vezetékszakasz, a kár jellege, időpont, a hibakijavítás költségei) lehetőleg hosszú időszakra,

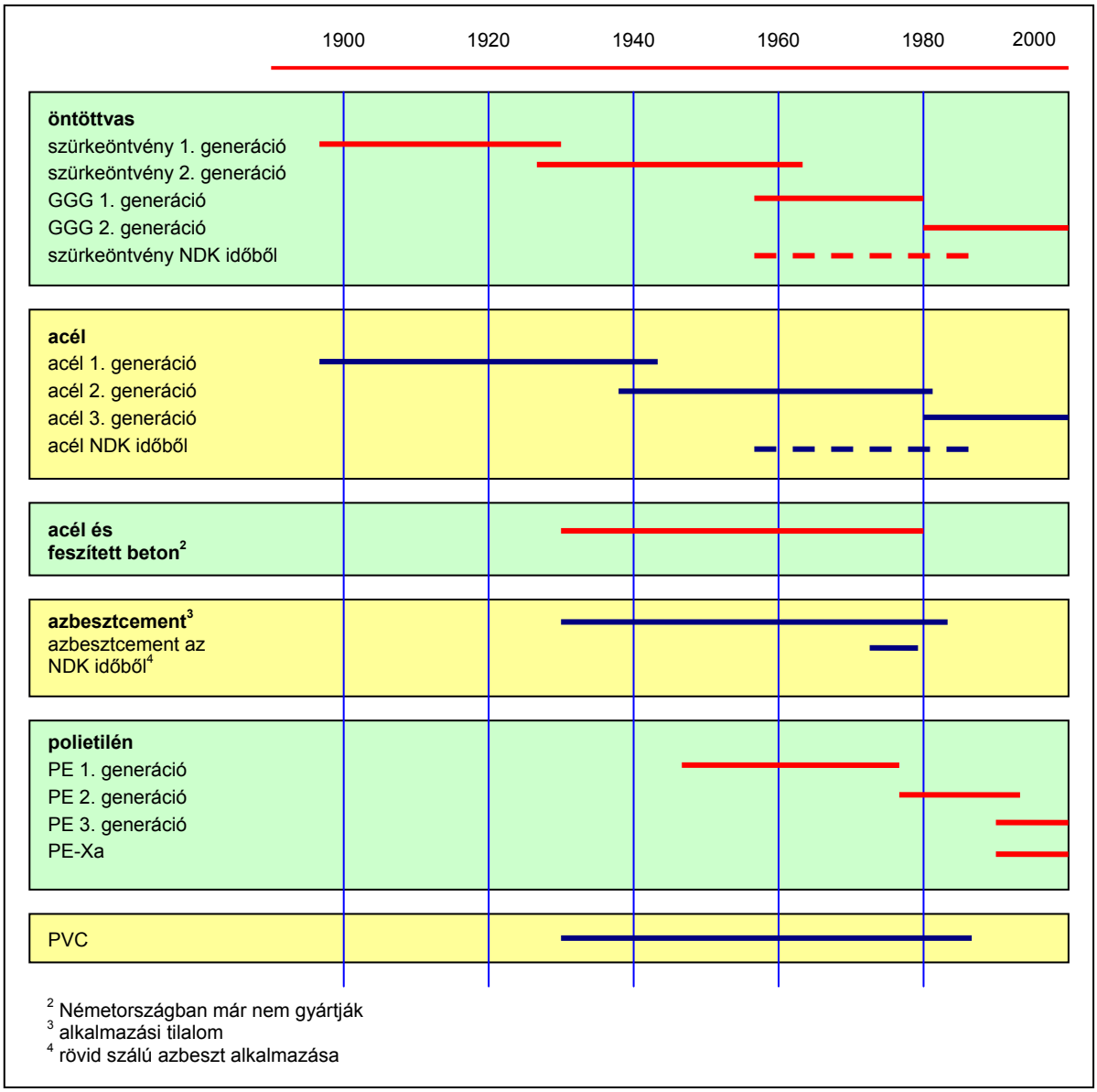
és lehetőség szerint

- adatok az útburkolatról, a talajjellegről, talajvízszintről, a talaj agresszivitásáról stb.
- üzemgazdasági adatok a beruházási ráfordításokról és a javítási költségekről.

Kiindulási pontok általában az adatbankok az említett kárstatisztikai adatokkal, amelyeknél a feldolgozott adatok minősége döntő a további megállapítások szempontjából:

- a kár helye, időpontja, jellege, esetleg a kárkiküszöbölés költségei, valamint
- a kárfelvétel időtartama (lehetőség szerint több évre).

Ezekből az adatokból trendfüggvényeket lehet számítani valószínűségelmélet segítségével a csőhálózat állományának romlására, valamint a helyreállítási intézkedések utáni és azok nélkül fellépő káralakulásokra. Ezáltal megalapozhatók a jövőben szükséges intézkedések.



1. ábra Időtáblázat csőanyagok németországi felhasználására

A csőhálózatot vezetékszakaszokra kell felbontani (hálózati csomóponttól hálózati csomópontig – amelynél hálózati csomópontoknak definiálandó az NA-változás, anyagváltozás stb.) és ezekhez több év káradatát kell hozzárendelni. Szokásosan nem tekintendők határoló csomópontnak a tűzcsapok, szakaszoló tolózárak és házbecsatlakozási kötések.

A fenti adatok minősége döntő az eredmények előrejelzési pontosságához. Ezek biztosítják a mérnök számára a szükséges beavatkozás megindokolását, annak érdekében hogy elkerülhető legyen az állomány vesztesége, és hogy gyermekeink ne örököljenek terheket az el nem végzett helyreállítási intézkedések miatt.

Erfurt városának mai csőhálózata nagyon különböző csőanyagokból áll *(1. ábra)*, ennek következtében a nevezett csőanyagoknál a legkülönfélébb károk léphetnek fel (korróziós károk, grafitképződés, kereszttörések, hosszanti repedések, héjtörések).

A helyreállítási igény meghatározásakor különösen a gyártási időpontokat, a fémvezetékek korrózióvédelmét és a műanyag vezetékek öregedési viszonyait kell figyelembe venni.

A kárjelentések az összes káreseményt egyenértékűként kezelik, és nem tesznek különbséget a kár jellegét tekintve (különböző vízveszteségek, különböző kárkiküszöbölési költségek stb.), úgy hogy az elektronikus adatfeldolgozással végzett tervezésnél először el kell végezni ezt a differenciálást. A jövőben erősebben kell differenciálni a károk jellege szerint. Az OptNet elektronikus adatfeldolgozó programmal végzett vizsgálatoknál ez megtörtént.

Az OptNet elektronikus adatfeldolgozó programmal végzett vizsgálatok eredményei

Kiindulási helyzet

A vizsgálatok elvégzéséhez az alábbi téziseket állították fel:

- egyes szakaszok helyreállítása csupán
  - a rendszer legrosszabb elemeinek cseréjét jelenti, de
  - nem jelenti a teljes csőhálózat szisztematikus felújítását;
- a tervszerű helyreállítás hosszú távon hatékonyabb és gazdaságosabb, mint a helyi károk folyamatos kiküszöbölése;
- a teljes körű rehabilitáció lehetővé teszi a költségcsökkentést.

Előzőleg megtörtént a város területének 32 részterületre való felosztása városépítészeti és útszerkezeti szempontok szerint (kivéve a főúti

hálózat fő ellátóvezetékeit, mivel ezeket részben már felújították, ill. jó állapotban vannak), ezeknél a következő kritériumokat alkalmazták:

- homogén anyagszerkezetű és/vagy névleges átmérőjű felületek,
- nagy hibakoncentrációjú felületek,
- nagy lerakódásokkal szennyezett felületek.

A *2. ábra* néhány kiválasztott részterületre közöl adatokat.

A vizsgálatok kiindulási pontja az Erfurt város fent említett vektorosan rajzolt csőhálózata volt („Kis GIS", amelyre alkalmazták az Auto CAD 2000 és CAD raszter programokat), adatokkal a vezetékszakaszok anyagára, fektetési idejére és a névleges átmérőkre (vezetékszakaszok definiciója: hálózati csomóponttól hálózati csomópontig, névleges átmérők, ill. anyagok változása stb.), valamint az utolsó öt év káradataira. Az csőhálózati adatokat és a káradatokat egy külső hozzáférésű adatbankban tárolták.

Előnyösnek mutatkozott, hogy háttérképként az állapottérképeket már 1995/96-ban mint ún. „Kis GIS"-t 1:1000, ill. 1:500 léptékben a városközponti területeken tárolták. A csőhálózatot vezetékszakaszokkal utcanevek hozzárendelésével definiálták.

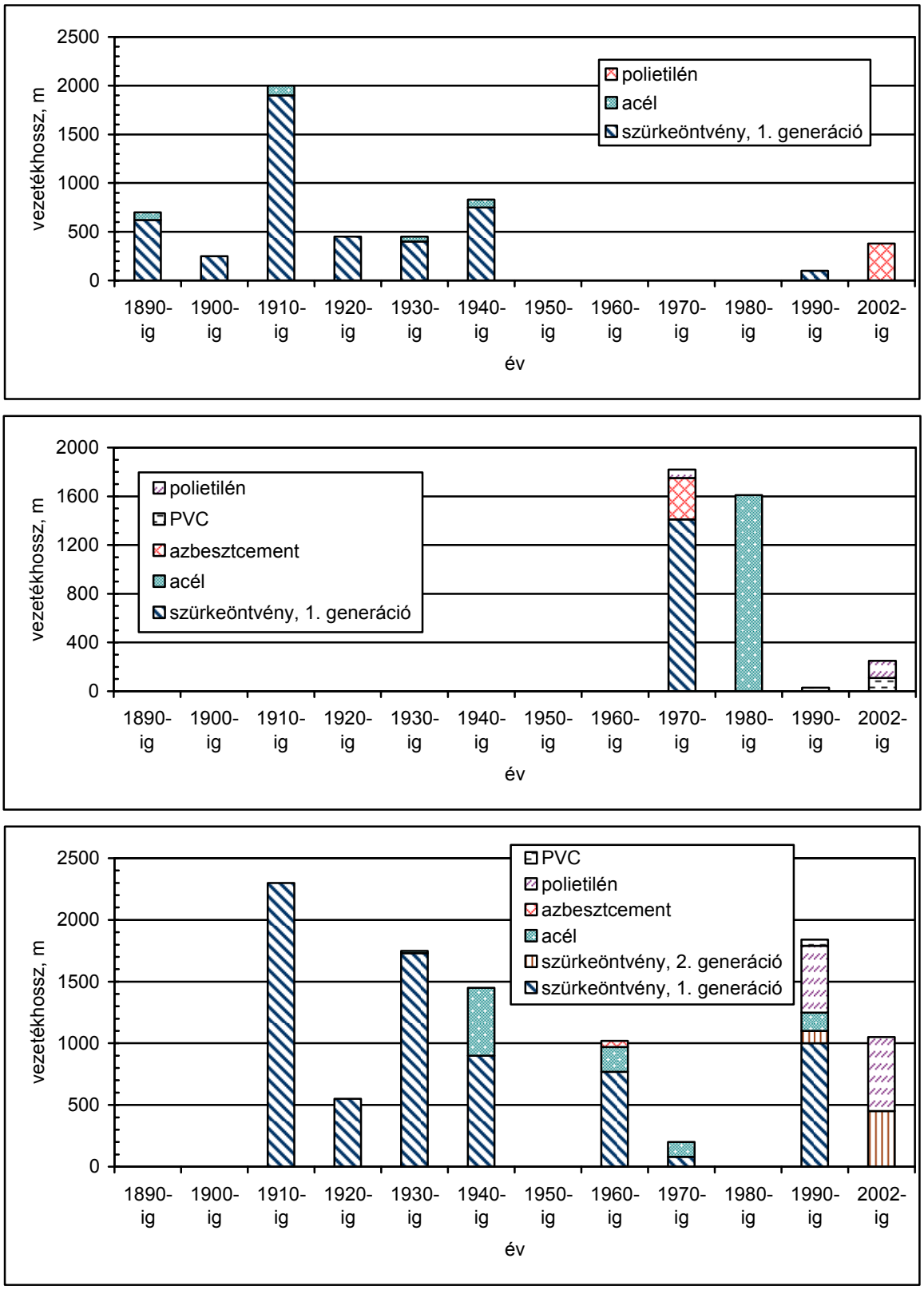
Nehézség adódott abból a tényből, hogy a Városi Művek az eredetileg kiadott ID-t (azonosítót) nem alkalmazta tovább, hanem újakat vezetett be, úgyhogy terjedelmes munkával kellett a hozzárendelést elvégezni (tehát nem definiált változtatások nagy ráfordítású munkához vezetnek).

A további munka csatlakozási pontjait az utcanevek képezték, kereken 5000 káradatot és kb. 4700 hálózatadatot dolgoztak fel. Az OptNet szoftver segítségével egy új adatbankot állítottak fel, és ezt alávetették az OptNet szokásos értékeléseinek.

Az OptNet programnál a hálózat ábrázolása a STANET programmal történik (Programcsomag a stacioner és dinamikus csőhálózati számításhoz), amely tartalmaz egy programrészt az adatkészletek beadására, amelyeket ezt követően az OptNet átvesz.

A károk, a házi csatlakozások, armatúrák kárainak, és idegen hatások káreseteinek kiszűrése, utólagos földrajzi azonosítása jelentős feladat volt, de nagyobb problémák nélkül megoldották.

További problémát jelentett a kárdefinició, amelyet „valódi" és „nem valódi" károkra osztottak fel. Eszerint az utóbbiak olyan károk, amelyeket harmadik személy okozott, valamint az armatúráknál és házi bekötéseknél felmerült károk – tehát nem a vezetékszakaszoknál fellépett károk. Ez a szelekció a rendelkezésre álló káradatok jelentős csökkentéséhez vezetett, azaz: a károkat egyértelműen definiálni kell!



2. ábra A helyreállítást befolyásoló paraméterek néhány részterületre

Az OptNet programban a továbbiakban figyelembe lehetett venni: a talajvízszinteket, talajfajtákat, a vezeték elhelyezését (utca vagy gyalogút), útburkolatot, fektetési mélységet – tehát olyan adatokat, amelyek részét képezik a helyreállítási műveletek költségvizsgálatának. Ezek az adatok a felvett káradat-előirányzatoknál sokszor rendelkezésre álltak.

Nagyobb csőhálózatoknál meg kell különbözetni a szállítási funkciójú fővezetékeket és az elosztó funkciójú ellátóvezetékeket. A fővezetékeknél felmerül az a kérdés, hogy ezek maradék élettartamát 100%-ban ki kell-e használni, vagy a teljes rendszerben elfoglalt funkciójuk alapján (teljes kiesés és nagy következménykárok) korábbi helyreállítást kell-e tervezni.

A csőhálózat értékelése

A csőhálózat értékelése két részben történt:

- gazdaságossági és pénzügyi szempontok szerint (beruházási és javítási ráfordítás),
- anyagtechnikai szempontok szerint (hálózati állomány és állapot stb.).

A vízcsőhálózat értékelését a következő kritériumok szerint végezték:

- optimális helyreállítási stratégia,
- gazdaságos használati időtartam,
- helyreállítási műveletek rangsora és sorrendje,
- az ellátóhálózat értékének meghatározása,
- elhasználódási tartalékok,
- állapotelemzések.

Az OptNet minden vezetékre meghatároz egy optimális élettartamot. Ez az anyagtól, a fektetési évtől, a történelmi károktól, a fektetési feltételektől stb. függ, ugyanakkor a vizsgálat tárgyát képezi az, hogy a maradék élettartamot 100%-ban ki kell-e használni, vagy tartalékokat kell képezni. Az útépítés, földmunka, anyag és szerelés, a felvonulás stb. költségeit az érvényes árszínvonalon állapítják meg, és kb. 1000 kalkulációs értéket tárolnak egy kalibrálási adattárban. A hálózati szakaszok beruházási időértékei, ill. a javítási költségek ezután megfelelő pontossággal kalkulálhatók és felhasználhatók a költségoptimalizáláshoz.

A költségvetés ismeretében (0-tól tetszőlegesig) ábrázolhatók az elmaradt vagy csökkentett helyreállítási műveletek hatásai.

Az eredményt fel lehet használni a csőhálózat műszaki és kereskedelmi értékeléséhez.

Az OptNet segítségével végzett értékeléshez rendelkezésre állnak:
- a hálózati állomány diagramjai,
- a hálózat állapotdiagramjai,
- a kárdiagramok,
- diagramok a helyreállítási igény meghatározásához.

Hálózati állomány

A hálózati állomány anyagfajták, vezeték jellege, vezetékek kora szerinti értékelésekor megállapították, hogy Erfurtban domináns szerepük van a szürkeöntvény vezetékeknek, és ezek részben nagyon öregek. Acél csővezetékeket Erfurtban csak 1900 után, duktilis öntvény vezetékeket nagyobb mértékben 1990 után fektettek. Mégis Erfurtban az „öreg" első generációs szürkeöntvény vezetékek nem jelentenek problémát, jó állapotban vannak és kis meghibásodási gyakoriságot mutatnak. Egyébként a növekvő közlekedési terhelések a kis dimenzióknál kereszttörésekhez vezethetnek.

Hálózati állapot

A hálózati állapot diagramjai felvilágosítást adnak az anyagfajták szerinti állapotról 1-től 5-ig terjedő állapotosztályzatok bontásában (nincs veszélyeztetve, enyhén veszélyeztetett, közepesen veszélyeztetett, veszélyeztetett és erősen veszélyeztetett vezetékszakasz).

Hálózati károk

A hálózati károk diagramjai magukban foglalják a károk jellegét, a károk okait, a kárprognózist és a hosszú távú kárstatisztikát, és ennek eredményeképpen közlést adnak a javítási ráfordításokról, a veszélyeztetett vezetékszakaszokról, meghibásodások előrejelzéséről, az elvégzett helyreállítás esetén megakadályozható károkról, ill. az el nem végzett javítások esetén várható károkról.

Helyreállítási igény

A helyreállítási igényhez az OptNet programtól a következő közléseket lehet elvárni:
- helyreállítási igény anyagfajtánként,
- helyreállítási igény előrejelzése,

- tőkeszolgáltatás,
- kamatok stb.

A meghibásodások előrejelzésére döntő tényezők:

- a károk alakulása az utóbbi öt évben,
- a károk megoszlása anyagfajták szerint,
- kárfüggvények,
- információk a hibaesetekről és a fektetési feltételek.

Előre kiszámítható:

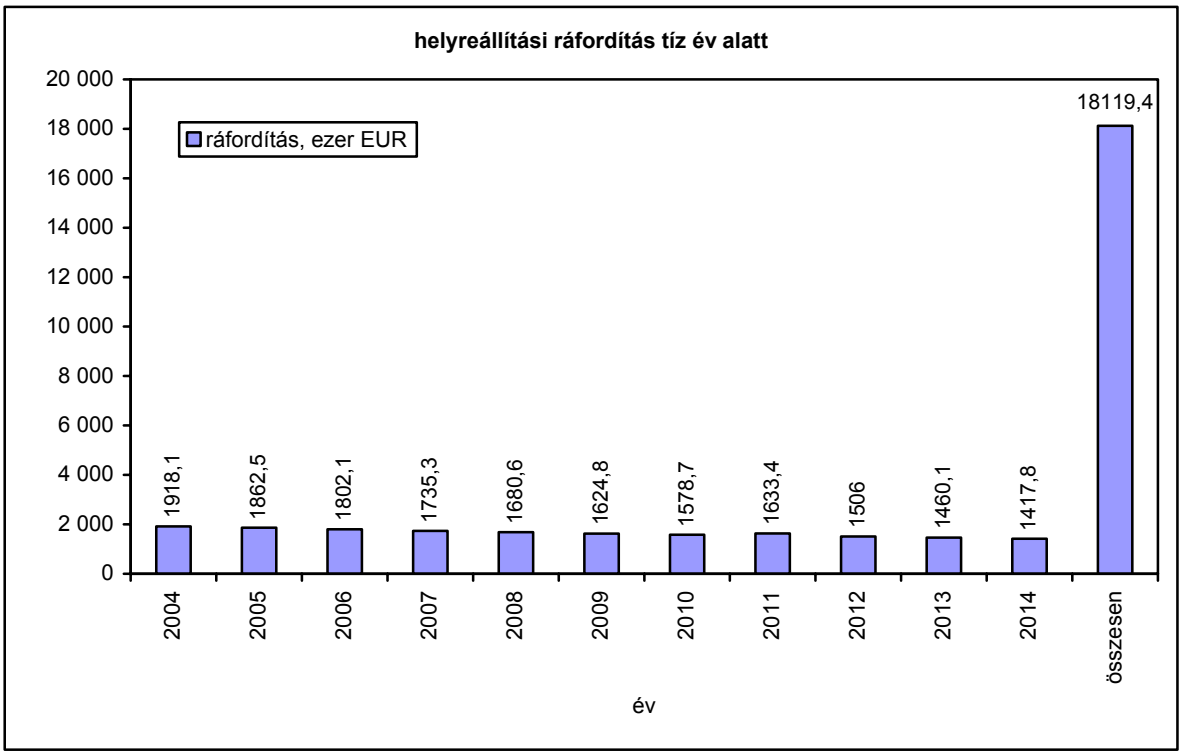
- a káralakulás és ezzel a helyreállítási igény,
- az átlagos élettartam és a felhasználási idő alakulása,
- az évenként szükséges helyreállítás mértéke,
- a helyreállítási igény csökkentése az optimális helyreállítási mérték betartásával,
- a folyamatok optimális lefutása,
- a helyreállítási igény alakulása hozzáigazított költségvetés esetében,
- a helyreállítás mértékének fejlődése el nem végzett rehabilitáció esetében,
- megakadályozott károk.

További diagramokban ábrázolható, hogy hogyan alakul az egyes csőanyagok átlagos élettartama, azaz milyen tartalékok vannak az egyes csőanyagok optimális felhasználására vonatkozóan, és mennyi ráfordításra lenne szükség évente az optimális helyreállításhoz *(3.* és *4. ábra)*.

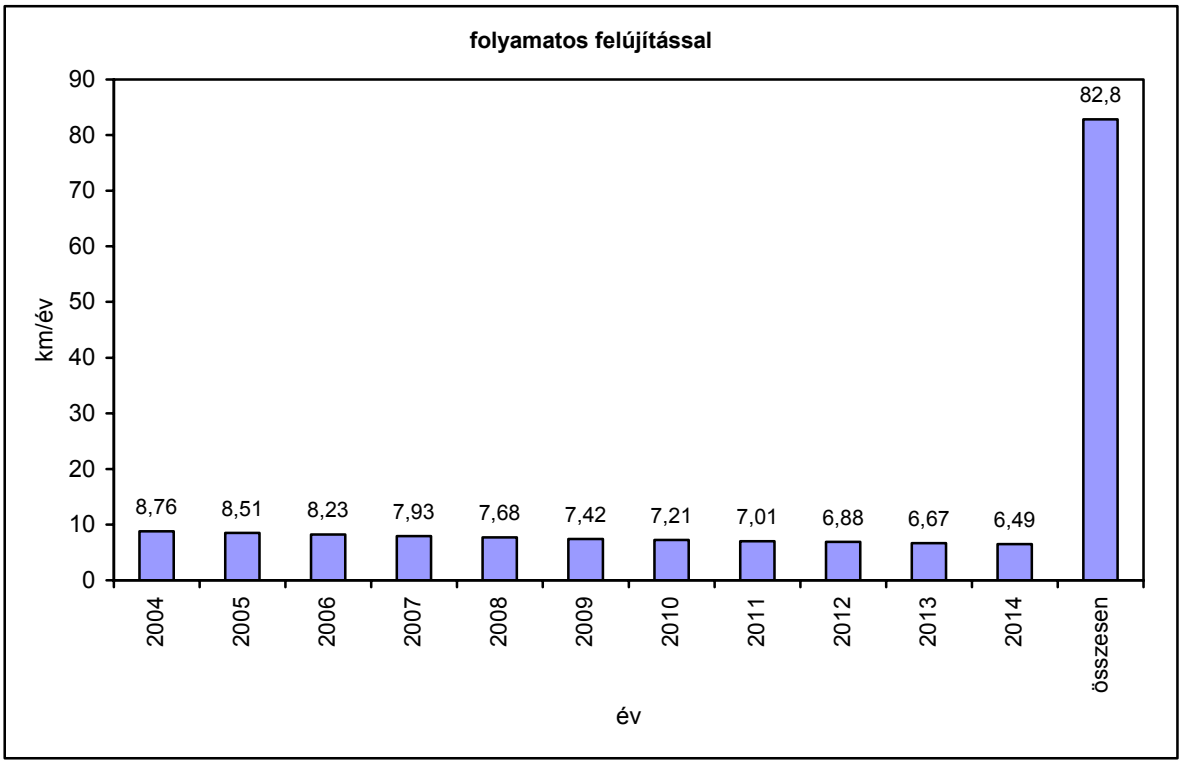
Különösen érdekes az, hogy optimális helyreállítással mennyi kárt lehetne megakadályozni *(5. ábra),* ha folyamatosan megfelelő helyreállítási rátával dolgoznának. A *6. ábra* bemutatja a helyreállítási szükségletet.

Továbbá vizsgálják a pénzügyi ráfordításokat merev költségvetés, igazított költségvetés és évente változó költségvetés esetében, valamint az ismételt beszerzési értékre (új érték) és a maradék élettartam összefüggéseit különböző beruházási elképzelések esetében.

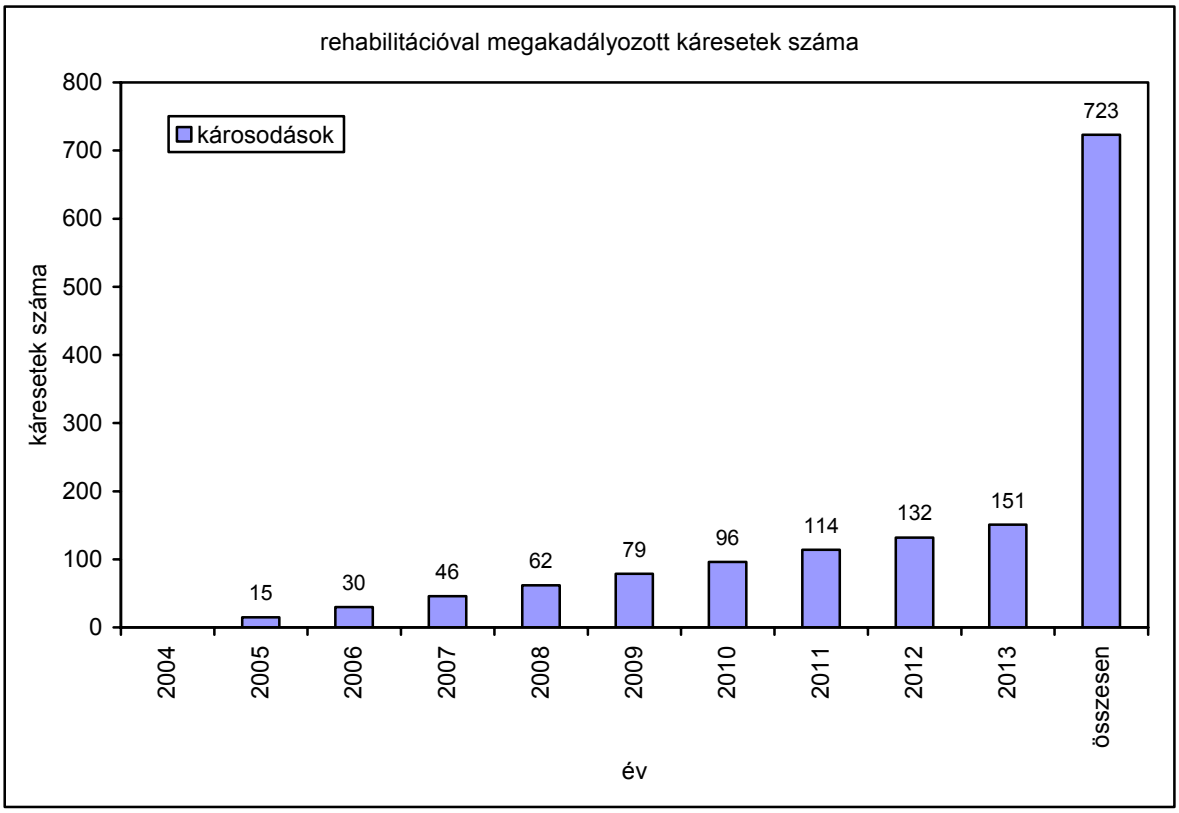
A *7. ábra* bemutatja a káralakulást tízéves időtartamra optimális helyreállítás esetében.



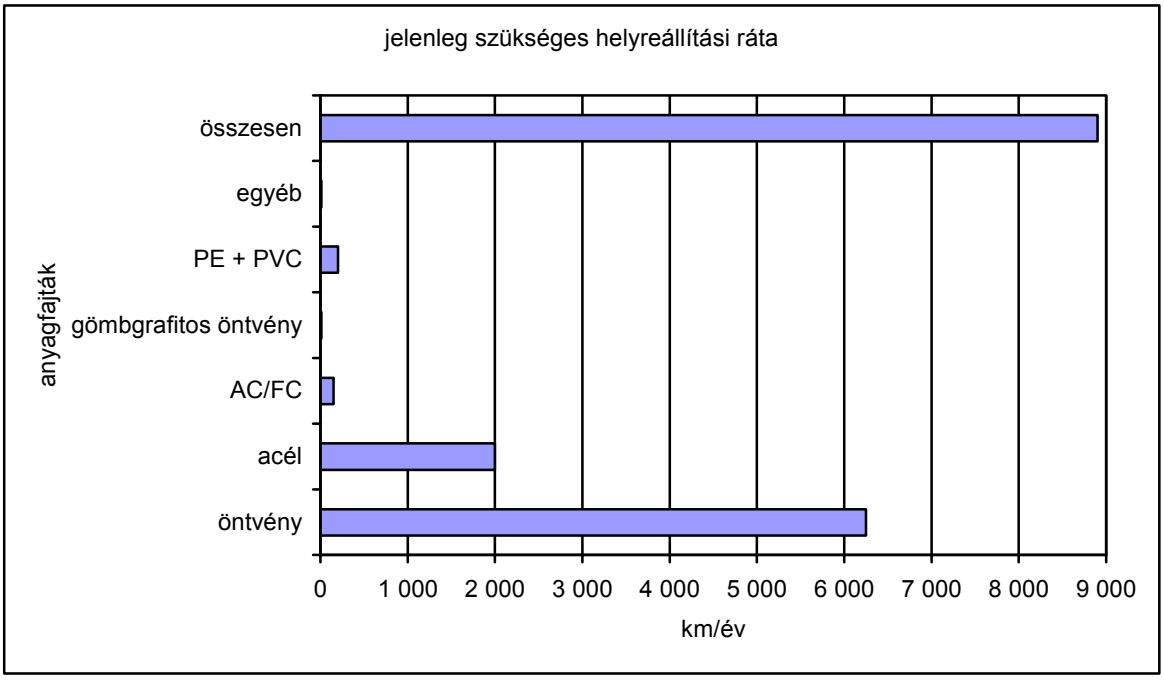
3. ábra Szükséges ráfordítás tízéves időtartamra optimális helyreállítással



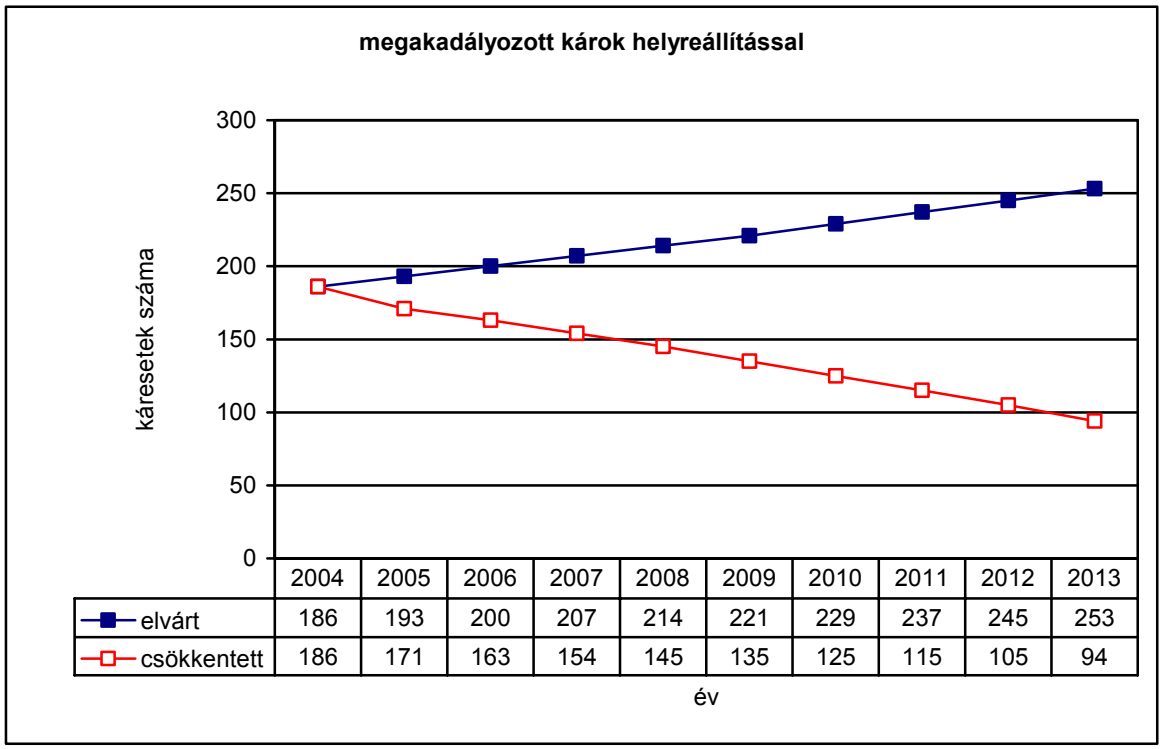
4. ábra Helyreállítási ráta folyamatos felújítással



5. ábra Megakadályozott károk tíz év alatt optimális helyreállítás esetén



6. ábra A jelenlegi helyreállítási igény



7. ábra Káralakulás tíz év alatt optimális helyreállítással

Részterületek teljes körű helyreállításának vizsgálatai

Ezeknek a vizsgálatoknak az alapját a város területének 32 részre való felosztása, valamint az anyagfajták és a fektetési évek ábrázolása képezte. Ezáltal a legkülönbözőbb szerkezetű területek mutatkoztak meg (lásd 2. ábra).

Ezeknek a részvizsgálatoknak a célja az volt, hogy megállapítsák a legrosszabb csőhálózatú területeket, hogy ezek kerüljenek legelőször felújításra. Ezzel egyidejűleg meg kellett vizsgálni, hogy hogyan lehet az intézkedéseket a kevertvíz koncepcióval összekapcsolni (a jövőben Erfurt városterület mélyzónája egy talajvízkészletből és az észak-thüringiai táv-vízellátó rendszerből kapja a kevertvizet – ennél jelentős problémák lephetnek fel a folyásirányok megváltoztatása miatti rozsdás víz, a vezetékszakaszokban lévő kis folyási sebességek és a lerakódások újraoldódása miatt).

Két különböző csőhálózat-állapotú területet választottak ki:

- a 12-jelű 12,9 km csővezetékkel, ebből 44,9% szürkeöntvény, 32,7% acél, 17,2% duktilis öntvény, 4% azbesztcement és 1,2% PE (polietilén). A csőanyagok átlagos kora szürkeöntvénynél 94,3 év, acélnál 62,7 év, azbesztcementnél 46,3 év (teljes átlag 69,8 év)
- a 2-jelű terület 27,5 km csővezetékkel, ebből 73,4% szürkeöntvény, 19,2% acél, 7,5% duktilis öntvény (1990 után fektetve). A csőanyagok átlagos kora szürkeöntvénynél 87,0 év, acélnál 77,5 év).

A 12 jelű területet nagy részben helyreállításra szoruló, ill. rövid időn belül helyreállítandó csővezetékek jellemzik (különösképpen acélcsővezetékek, 62,7 éves átlagkorral és nagy meghibásodási mértékkel). A részterületet kisebb részekre bontották, és a különböző nagyságú kármértékek alapján rehabilitációs sorrendet ajánlottak.

A 2-jelű területen ugyan nagy átlagkorú szürkeöntvény és acél csővezetékek vannak, mégis feltűnően kevés káresettel. Kitűnt a vizsgálatokból, hogy a 2. terület a csővezetékek állapota vonatkozásában tartalékokkal rendelkezik, és jelenleg nem szükséges helyreállítás.

Összeállította: Korényi János

Irodalom

Stahl, J.: Vom GIS zur EDV-gestützten Rehabilitationsplanung von Wasserversorgungsnetzen. = 3R international, 43. k. 10. sz. 2004. p. 590–597.

Roscher, H.; Otto, R.: Erfurter Rohrnetz für das 21. Jahrhundert. = 3R international, 41. k. 9. sz. 2002. p. 518–523.

Roscher, H.; Otto, R.: Erfurter Rohrnetz für das 21. Jahrhundert. = 3R international, 41. k. 12. sz. 2002. p. 632–638.

Röviden…

Karbantartási szolgáltatás pneumatikus rendszerekben

A német Pressluft Zentrale Teichmann (PZT) cég harmincnál több együttműködő partnerével 1974 óta egész Németországra kiterjedő szolgáltatást kínál pneumatikus berendezések, készülékek, eszközök rendszeres és alkalmi karbantartására és javítására.

A szükséges alkatrészek beszerzésére a nagy gyártók beszállítóival fennálló együttműködés keretében általában a nagy gyártókénál kedvezőbb beszerzési árakat érnek el. A használt és szakszerűen felújított kompresszorokhoz üzemzavarok során gyorsan hozzáférhető cseredarabokat raktároznak. Régebbi berendezések már nem beszerezhető alkatrészeit saját műhelyükben készítik el.

A pneumatikus kompresszorok gyakran cserére szoruló alkatrészei a légszűrők. A PZT cég 1993 óta képviselője a kompresszorszűrők fejlesztésére és gyártására szakosodott, kereken 400 különböző légszűrőtípust kínáló olasz Sotras cégnek. Kereken 3000 Sotras-szűrőt tartanak raktáron, hogy a felmerülő igényeket ki tudják elégíteni.

A PZT cég további szolgáltatása mobil és telepített kompresszor-berendezések bérbe adása. Ezek különleges feladatok ellátására és nagyobb üzemzavarok esetén alkalmazhatók. Pl. egy acélgyártó nagyvállalatnál a húsvéti ünnepek alatt kitört tűz tönkretette a sűrített levegőt szolgáltató rendszert. A PZT cég már húsvéthétfőn felszerelt egy bérelhető berendezést, és így a termelés szinte megszakítás nélkül folytatható volt. Ilyen célokra konténerekbe szerelt, könnyen szállítható és egyszerűen üzembe helyezhető, komplett berendezéseket tartanak készenlétben.

Új létesítmények tervezéséhez is nyújt támogatást a PZT cég. Az a tapasztalat, hogy a tervezők gyakran csak a katalógusadatok alapján rendelnek meg berendezéseket, azonos teljesítményű rendszerek energia- és karbantartási költségeit hasonlítják össze. Ha például 5 bar nyomáson 2300 m^3/h térfogatáram előállításához 250 kW teljesítményű gépegység szükséges, akkor a kétfokozatú csavarkompresszor ugyan mintegy 30 000 euróval drágább egy hasonló teljesítményű, egyfokozatú rotációs kompresszornál, ez a többlet azonban a kisebb folyó kiadások következtében két év alatt amortizálódik. További energiatakarékossági megoldások, pl. hővisszanyerés is növeli a gazdaságosságot.

A tervezés során felmerül a dugattyús és a csavarkompresszorok közötti választás kérdése. A tapasztalatok szerint nem rendszeresen, csak rövid időszakokra használt berendezésekben dugattyús kompresszort célszerű alkalmazni, mivel a csavarkompresszoroknak szerkezetükből következően előbb el kell érniük működési hőmérsékletüket, és hosszabb ideig kell működniük. Azonban figyelembe kell venni azt is, hogy a dugattyús kompresszorok karbantartása költségesebb, a kettős működésű gép fajlagos hatásfoka nagyobb a csavarkompresszorénál.

Gyakran kell a közvetlen és az ékszíjas hajtás között választani. A közvetlen hajtást 100 000 üzemórára méretezik, az ékszíjakat viszont gyakran 3000–6000 üzemóra után cserélni kell, és az ékszíjtárcsák kopásával is számolni kell.

Új beruházások létesítésekor a PZT cég karbantartási szakemberei az ilyen és hasonló kérdésekben támogathatják a tervezőket, és mivel nincsenek előre elkötelezve valamilyen megoldás mellett, a rendszertől és gyártótól független ajánlattevőként, a karbantartásban és a javításban szerzett tapasztalataik alapján optimális megoldás megvalósításához adhatnak tanácsokat, akár meg is tervezik a kompresszorrendszert.

(Verfahrenstechnik, 36. k. 7/8. sz. 2002. p. 40–41.)