

**Gregász Tibor**

**NEMFÉMES SZERKEZETI ANYAGOK ÉLETTARTAM-PROBLÉMÁINAK  
MINŐSÉGÜGYI MEGKÖZELÍTÉSE**

(című PhD értekezésének kivonata)

A disszertáció a szennyvíztisztító szűrőmembránok élettartam elemzéseire dolgoz ki új elveket, mert az eltérő körülmények közt kieső egyedek azonos elbírálására eddig nem volt kielégítő módszer.

Más analógiákból az összehasonlítható terhelési mértékek megadására bevezeti az „*élettartam klórterhelés*”, az „*egyenértékű működési idő*”, és ebből a tönkremenetelig az „*egyenértékű élettartam*” fogalmait. A gyakorlat igazolásaképpen a számítási módszerével a szűrőmodulokra az „*élettartam adatbázis*” megalkotásán keresztül élettartam elemzéseket végez.

Új megközelítésként definiálja az „*igénybevételi arculat*” fogalmát, amely a felhasználási környezet terhelő-károsító hatásait objektíven értékeli, majd az „*élettartam profilt*”, amely az anyag- és gyártási paramétereket is számításba veszi. Elsőként adaptálja a más területen ismert *döntési fát*, a kritikus élettartam tényezők („*KO*” *tényezők*) kiválasztására, majd metodikát javasol a monitorozásukra.

---

## 1. Bevezető

Kutatásunk elsődleges célja, hogy a kiválasztott membránelvű víztisztítók területére kialakítsunk egy élettartam-elemző módszertant, mely tekintetbe veszi a terület bonyolult üzemelési, tönkremeneteli folyamatait és elemzési igényeit. Az értelmezési gondok pontatlanságokat és ebből következően néha az élettartamra vonatkozó megállapítások használhatatlanságát eredményezi. Nem állandó terhelési szinteket és változó körülményeket elszenvedő berendezések esetén a károsodások időbeli előrehaladottságának szintje nagyon eltérő lehet azonos naptári üzemidő elteltével.

Jelen kutatásban a probléma megoldására alkalmas számszerűsíthető (tehát objektíven megítélhető) fogalmakat és számítási módokat vezetünk be. A gyakorlatban végzett adatgyűjtést és elemzést új elvi megközelítéseket tartalmazó adatbázis kialakításával támogatja a fejlesztés.

Az élettartammal kapcsolatos kérdések akkor válaszolhatóak meg a legpontosabban, ha ismerjük a termék eredendő tulajdonságai mellett az igénybevételek összetételét, jellegzetességeit, vagyis az „igénybevételi arculatát”, a felhasznált anyagokat és a konstrukciót. Szintén új fogalom az „élettartam profil”, amely mindaz az információ halmaz, amit egy termékhalmoz egy egyedének a tönkremeneteli formáiról és azok bekövetkezési esélyeiről tudunk egy jól definiált igénybevételi környezetben.

## 2. A tudományos probléma megfogalmazása

A dolgozat a szennyvíztisztításban használt membránszűrők élettartam elemzésének problémájával foglalkozik, amelynek egy, a világ vezető vállalkozásai között számon tartott gyártó cég ad teret és lehetőséget a problémák megismerésére és az elemzésekre. Bár csak az ultraszűrő csőmembránok területén vizsgálódunk, de a megállapításaink, módszereink jelentős része valamennyi élettartam-vizsgálat területen érvényesnek tekinthető, és a szükséges adaptációkat elvégezve alkalmazhatók.

A jelenleg lefolytatott élettartam-elemzések az említett szűrők tekintetében három információs forrásra építenek:

- **Reklamációk**, amelyek a legfontosabb problémákat jelentő tönkremenetelek eseményeiről tájékoztatnak. Ezen információkkal az a probléma, hogy viszonylag kis adatmennyiség halmozódik fel egy termék egy változatáról, és csak a komolyabb gyártási, vagy üzemeltetési hiba okozta katasztrofális meghibásodást reprezentálják, a normál üzem következményeit nem.
- **Üzemeltetői visszajelzések** a végső tönkremenetelről, valamint a korszerű gyakorlatban a kitelepített létesítményekben a működés nyomon követése mérhető paraméterekkel. Az információ nagy része az üzemeltetés körülményeiről származik, nem az elhasználódásról. Igen nagy adatmennyiség, viszont minél problémamentesebb az üzem, annál hosszabb a visszacsatolási idő a termék gyártására és a karbantartásra.
- **Gyorstesztelő berendezéseken** való vizsgálatok. Jól követhető információk az elhasználódásról, viszont problémát jelent, hogy csak korlátozott mintamennyiség esetén gazdaságos. További probléma, hogy a „gyorsítás módja”, valamint a túlságosan szabályozott körülmények torz, a valóságtól eltérő elhasználódási folyamat miatt hamis megállapításokra vezethetnek.

Megoldást jelent, amennyiben a három információ forrás eredményeit egy újonnan fejlesztett közös adatbázisban dolgozzuk fel, és a folyamat megfelelő műszerezettsége mellett pontos számítási metódusokat alakítunk ki az adatok transzformációjára. Szükség van továbbá adott termékhez az igénybevételek jellegzetességeire vonatkozó egységes fogalomrendszer létrehozására, valamint az élettartamokra kritikus paraméterek kiválasztására alkalmas módszertan megalkotására, bevezetésére.

A kutatás további célja, hogy bármely környezetben kísérve az elhasználódási folyamatot az egyenértékűvé tett terhelések számítása közvetlenül összehasonlíthatóságot biztosítson a termékek tönkremenetelére.

### **3. Kutatási célkitűzések**

A kutatási cél tehát elsőként az eltérő körülmények közt működő elemek adatainak összehasonlíthatóságának biztosítása. Ezek elemzéséhez új megközelítésű fogalmak szükségesek, mint:

- élettartam klórterhelés,
- egyenértékű működési idő,
- egyenértékű élettartam.

Ezek definiálása után, a számszerűsítő eljárások kidolgozására teszünk kísérletet. Ezeket követi a használati folyamat megterheléseit és egyéb káros hatásait összegző és rögzíteni képes módszertan. Ehhez megalkotjuk az

- igénybevételi arculat és az
- élettartam profil fogalmát.

A továbbiakban a megalkotott modell gyakorlati használhatóságát kell biztosítani. Ehhez más területről adaptált új módszerként kerül bevezetésre a kritikus élettartam tényezők kijelölésének módja, amit egy szakember csoportnak együttes csoportmunka keretében kell kipróbálnia.

Az első részekben megalkotott fogalmak és jellemzők számításához a teljes élettartamot nyomon követő és főbb környezeti paramétereit dokumentáló adatbázis alapjai kerülnek lefektetésre. Ebben adatok és változók, faktorok és szöveges megjegyzések rögzítésére lesz szükség a számítási és működtető funkciók mellett. A végső cél a szűrőelemekre az egyenértékű élettartam meghatározása, adatok valós idejű követése, archiválása, biztosítva a különböző forrásokból származó adatok összemérhetőségét, illetve a jelenleginél jóval nagyobb tényadatra alapozott döntés-előkészítés megvalósulását.

### **4. Kutatási módszerek**

A kutatás módszertani fejlesztést céloz, így elemző, feltáró eszközöket alkalmaz. Feltárja az elhasználódást okozó anyagszerkezeti mechanizmusokat, valamint az élettartam számszerűsítésében bevált számításmódokat és azok tudományos hátterét.

Az élettartam adatokra kialakított adat transzformációs módszerek létrehozásához a szennyvíztisztításban alkalmazott szűrők terheléseinek és öregedésének irodalmi kutatása teszi lehetővé a számítások műszaki megalapozottságát.

A címben is említett minőségügyi megközelítés alapján előnyben részesül a használhatóságot lehetővé tevő egyszerű számítási (pl. lineáris modellek a klórterhelésre és az egyenértékű élettartamokra), elemzési (regresszió és korrelációelemzés), ábrázolási (folyamatábra) ugyanakkor szakembercsoport munkáját is igénylő módszerek (döntési fa) alkalmazása, kialakítása. Ebből adódóan több szakmaterület ismereteit integrálja a megoldásokban.

Az *adattár* kialakításában szerepet kap a folyamatból származó adatok bevételezése, termék egyedhez rendelése, értékelése, a termékre való hatásuk szerinti transzformálása élettartam jellemzővé. A kumulálódó hatás szerint a transzformált jellemző összegzése, majd az esetleges minőségi információkkal kiegészíthető archiválása.

A megalkotott számítási módszerekkel meghatározott élettartamokra a körülményekkel való összefüggést, tönkremeneteli statisztikákat elemzünk az utolsó részben, valamint kijelöljük a továbbfejlesztés irányait, amely a gyakorlati hatékony alkalmazást szolgálhatják.

## 5. A kutatás új eredményei

### 5.1. Kritikus tényezők a membránszűrők élettartamára

Hasonlóan az élelmiszerbiztonsági rendszereknél elvárt *Kritikus Szabályozási Pontok* meghatározásának módszeréhez, eljárás készült az élettartamot kritikusan befolyásoló paraméterek kiválasztásához. A módszer alapja, hogy logikai zárt kérdésekre adott igen/nem válaszok sorozatával egy – a HACCP elemzéseinél javasolt kérdéssorhoz hasonló – döntési fának a kérdéseit kell megválaszolni. (1. ábra)

Szervezett csoportmunkában az átalakított *döntési fával* a következő paramétereket választotta ki a csoport:

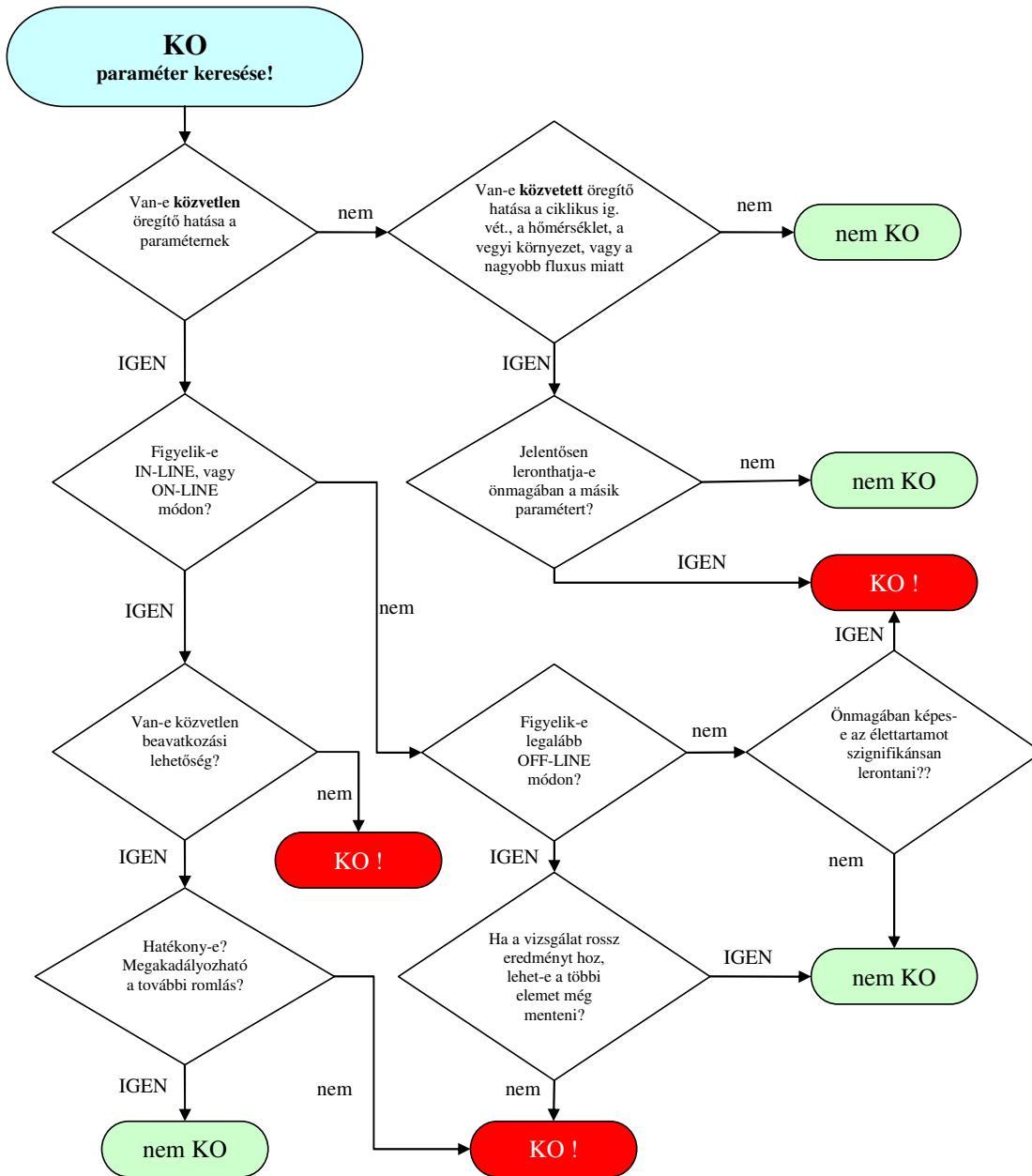
- A **nátrium-hipoklorit koncentráció** a normál üzemben, a karbantartási, felújítási ciklusokban.
- Nyomásamplitúdó – fenntartott fluxus – szabályozó rendszer alapján a szűrőt érő, leginkább **hidrodinamikai terhelés**.
- **Hőmérséklet**, és az ezzel összefüggésben alakuló viszkozitás és a káros reakciók sebessége.
- A nyersvízben levő bizonyos anyagok (leginkább a keménységet adó pl. Ca, Mg, ..., esetleg más koagulációt elősegítő anyagok) **kicsapódási hajlama**.

Ezen számszerűsített paraméterek állandó figyelése, időszoron történő vezetése, és eltérések esetén visszacsatolás, vagyis ismert rutineljárás elvégzése szükséges. A kutatás során kidolgozott monitorozással elérhető, hogy a kimutatott szignifikáns öregítő hatások szabályozásra kerüljenek a hosszabb élettartam és a biztonságosabb üzem, valamint az előre tervezhető karbantartási beavatkozások érdekében.

1. Tézis

Munkám elvégzésére a modulárisan kezelhető szűrőelemek élettartam követésével kapcsolatosan új metodikai módszert vezettem be, amely alkalmazásával az elemzést végző csoport objektivitásra törekedve, szelektálni képes az élettartam jellemzőket.

Korábbi módszert elsőként dolgoztam át és adaptáltam arra a célra, hogy az élettartamot kritikus befolyásoló („KO”) tényezők zárt kérdések sorozatával, speciális „döntési fa” segítségével kiválaszthatók legyenek, valamint megalkottam a kiválasztott tényezők monitorozásának elvi folyamatát.



1. ábra A „KO” paraméterek kiválasztására kidolgozott speciális döntési fa

## 5.2. Új módszerek a membránszűrők elhasználódásának jellemzésére és az élettartam standardizált megadására

A normál üzemben esetlegesen adagolt kis mennyiségű és a karbantartás/felújítás során használt nagy dóziszú klór okozta élettartam csökkentő hatás kumulálódik, ami az említett folyamatok alatt elszennvedett összesített dózissal fejezhető ki, és mint öregítő faktor a *klórterhelés* számértékkel jól jellemezhető. A kifejezésként már korábban is létező klórterhelés (LCI) az alábbi összefüggéssel számszerűsíthető:

$$LCI(ppmh) = konc(ppm) \cdot idő(h)$$

Mivel a beavatkozások hőmérséklete, klórkoncentrációja eltérő sebességgel degradálja a polimerek anyagát, ezért erre a terhelő tényezőre az „élettartam-klórterhelés” (LCI<sub>total</sub>) kifejezést vezettük be. A kutatás szükségessé tette a számszerűsítés módszerének pontosítását is. A módszerünk szerint az alábbi összefüggésekben a szennyvíz-membránszűrőkre három üzemállapotot különböztetünk meg, amelyek összesített ideje alatt elszennvedett dózisokat összegzünk. Ezek a normál üzem (LCI<sub>o</sub>), a kb. havonta végzett karbantartó beavatkozás (LCI<sub>K</sub>), és a kb. félévente végzett felújító kezelés (LCI<sub>F</sub>). A klór okozta reakciók – így az öregedési folyamat is – az egyes üzemállapotokban jellemző hőmérséklet nagyban befolyásolni tudja, ezért egy dimenziót nem viselő „hőmérsékleti faktorról” (T\*) módosítjuk a terhelést. A három üzemállapot alapján számított élettartam klórterhelés tehát:

$$LCI_{total} = \sum LCI_o + \sum LCI_K + \sum LCI_F, [ppmh]$$

### 2. Tézis

A membránszűrők tisztítására, karbantartásra alkalmazott nátrium-hipokloritos kezelés kumulálódó károsító hatásának nyomon követésére egy számszerűen jellemezhető, számítógépes adatkapcsolatot, vagy más hatékony információáramot igénylő számításmódot dolgoztam ki. A teljes életciklusra vonatkoztatott, eltérő üzemállapotok mentén végzett számítás újszerű.

**Az élettartam során ható klórterhelés számszerűsítésére kialakítottam az „ÉLETTARTAM KLÓRTERHELÉS” fogalmát és számításának módját, amely a klórt alkalmazó membránszűrés technológiájában a víztisztító létesítményekre kísérletileg is igazoltan megfelelő.**

$$LCI_{total} = \sum T_o^* \cdot cc_o \cdot t_o + \sum T_K^* \cdot cc_K \cdot t_K + \sum T_F^* \cdot cc_F \cdot t_F \text{ ahol:}$$

**LCI** – élettartam-klórterhelés

**T\*** – hőmérsékleti faktor, amely a klór károsító hatását figyelembe véve a hőmérséklet függvényében súlyozó tényezőként szerepel, az egyes beavatkozás típusoknál egységesíthető

**cc** – a kezelésfajtánál alkalmazott Cl koncentráció értéke

**t** – az egyes beavatkozás típusok összegzett ideje, ameddig az adott állapotjelzőkkel jellemezhető közeg hatott

**o** – Indexként a normál üzemet jelöli, amikor klórt adagoltak a nyersvízhez

**K** – indexként a karbantartási beavatkozást jelöli

**F** – indexként a helyreállító beavatkozást jelöli

Az ilyen módon kalkulált élettartam adat ismerete terméktervezési és üzemeltetés-tervezési előnnyel jár, valamint összehasonlíthatóvá teszi az akár különböző környezetben üzemelő egyedek élettartamait.

A szűrőmembránoknál is halmozódó károsodások építik le a szerkezetét, vagy egyéb módon hozzák közelebb a végső tönkremenetel idejét. Elkülöníthetőek azonban visszatérő hatástípusok, amelyeket a működtetés és tisztítás üzemállapotai teremtenek meg. A víztisztító telepen beszerelt szűrőkazettákra és benne a membránok sokaságára azonos környezeti feltételek és igénybevételi sajátosságok („*igénybevételi arculat*” ld. később) jellemzőek.

Az alábbi felsorolás szerint ötféle igénybevételi szakasz váltakozása tölti ki a szűrők élettartamát. A szakaszok rendszeres előfordulási gyakorisága és időtartamai alapján kiszámítható az egyes szakaszok mennyiségi aránya. Ezen szakaszok:

- Szűrési-visszamosási ciklusokból álló, közel azonos igénybevételi szakasz, téli üzemi viszonyok mellett.
- Szűrési-visszamosási ciklusokból álló, közel azonos igénybevételi szakasz, nyári üzemi viszonyok mellett.
- A fenti üzemi körülmények mindegyike bizonyos esetekben, ivóvízbe tápláláskor enyhe klóradozással (1-2 ppm)
- Pihentetés közbeni levegőztetésre jellemző igénybevételi szakasz.
- **K** (karbantartási) periódusok, alacsonynak számító hőmérséklet mellett, alacsony (de a normál üzemhez képest emelt, kb. 500 ppm) koncentrációjú klórtartalom, áramlásmentes viszonyok mellett, 2-5 órás időtartam.
- **F** (felújítási) periódusok, magasnak számító hőmérséklet mellett, magas (kb. 1000 ppm) koncentrációjú klórtartalom, áramlásmentes viszonyok mellett, 20-30 órás időtartamig.

A valós elhasználódás során és a gyorsított vizsgálatoknál az egyedre terhelést jelentő károsodási idő – vagy másként öregítési idő – nem csak az élettartam során elviselt összes klórterhelés (LCI) megadásával, hanem más öregítő faktorok (pl.: szűrőterhelés, dinamikus hatások, viszkózitás, a nyersvízben levő anyagok kicsapódási potenciálja, stb.) figyelembevételével válik lehetségessé.

Az egy-egy időszakra általánosnak vehető öregítési faktorok figyelembe vételével az „*egyenértékű működési idő*” megadása válik szükségessé. Ezen időszakok adatainak nyomon követésével és összegzésével az egyedre olyan transzformált élettartam számítható ki, amely a különböző mértékű igénybevételekkel súlyozott időtartamokkal kalkulálva realisabb képet nyújt az egyed egész élete során elviselt terhelésekről. Ez a transzformált idő az „*egyenértékű élettartam*”. Számításával pontosabban összehasonlítható a gyorsított teszteken, a nehezebb vagy éppen a könnyebb körülmények között működtetett egyedek teljesítménye.

### 3. Tézis

Néhány működési paramétert folyamatosan figyelembe vevő, de bővíthető metodikai módszert dolgoztam ki a membránszűrés területére, amely feltételezi az üzemi változók számítógépes hálózaton keresztül történő transzportját és feldolgozását.

**Megalkottam, és kísérleteimben alkalmaztam az „EGYENÉRTÉKŰ MŰKÖDÉSI IDŐ” és az „EGYENÉRTÉKŰ ÉLETTARTAM” fogalmát és számításának módját, amely az élettartamot rövidítő tényezők és együttállásai káros hatásainak halmozódását az eddig alkalmazottnál pontosabban figyelembe veszi, és azokat az eltérő körülmények közötti üzemeltetésnél is összehasonlíthatóvá teszi.**

$$\tau_e = \sum_{i=1}^n t_{e_i} = \sum_{i=1}^n t_i \cdot \Phi_i \cdot TCl_i \cdot h_i \text{ ahol}$$

$\tau_e$  – egyenértékű élettartam

$t_e$  – egyenértékű működési idő

$t$  – az azonos körülmények közt eltelt naptári idő

$\phi$  – a fluxus fenntartásához szükséges hidrodinamikai terhelési faktor

$TCl$  – a hőmérsékletet és a klórterhelést egyszerre figyelembe vevő kombinált faktor

$h$  – a közeg egyes összetevőinek kicsapódási hajlamát figyelembe vevő faktor

A fenti számításmóddal pontosabb bemeneti információ szolgáltatható a terméktervezéshez, az üzemeltetési és a karbantartási, vagy akár a nagyobb beruházási folyamatok tervezéséhez

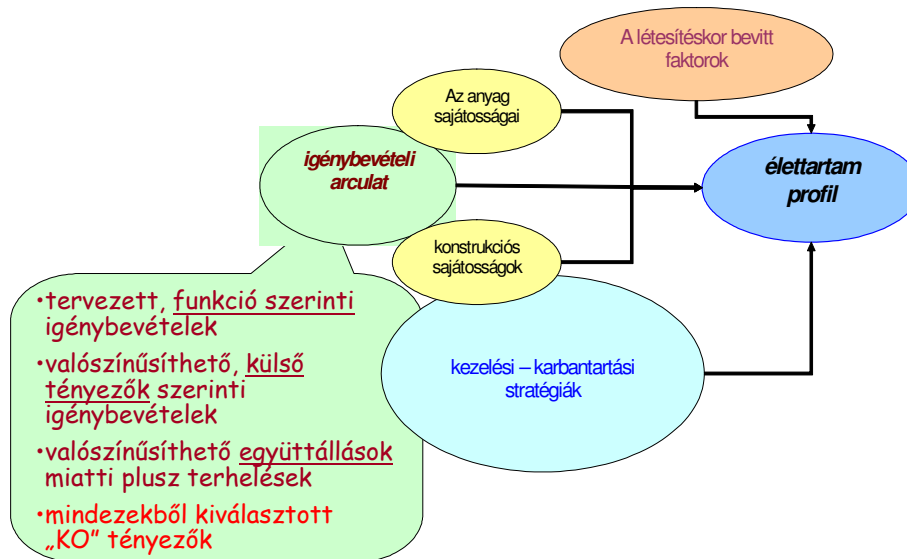
A kutatás során az egyedek igénybe vehetőségét, valamint az igénybevételeket leíró minőségi paraméterek megadásával és rendszerbe foglalásával is foglalkoztunk. Ennek során fogalomrendszert alkottunk az egyedre érő igénybevételek leírására. Erre alkalmas tulajdonságkör az „*igénybevételi arculat*”, amelynek részei:

- a terméket a funkció ellátása közben érő ismert és biztosan ható terhelések halmaza,
- a külső tényezők okozta, valószínűség-elméletileg kezelhető terhelések halmaza,
- a külső környezet és a terhelések közt elképzelhető, valószínűségi alapon számszerűsíthető esetleges együttállások halmaza.

Ezen három halmazból választhatók ki az első tézisben tárgyalt ún. „KO tényezők” csoportja, amely az élettartamra kritikus faktorok meghatározásában és gondozásában nyújt segítséget.

Az igénybevételek a termék anyagából és konstrukciójából fakadó élet-kilátásai, valamint a telepítéskor és később a kezelés-karbantartás során bevitt komplex tényezők adják egy adott helyen működő egyed „*élettartam profilját*”, ahogy az alábbi ábra mutatja.





2. ábra Az élettartam profil meghatározó tényezői

### 5.3. Adatbázis struktúra létrehozása a terheléssel kombinált élettartam számítására és követésére

Az adatrögzítésre és számítások elvégzésére létrehozott adatbázis az életút nyomon követésére az alábbi táblázat szerinti információ típusokat tartalmazza.

ADATOK	üzemi és generált VÁLTOZÓK
az egyedek azonosítására	az egyedet érő aktuális <b>szűrőterhelések</b> és a belőle kalkulált faktorkövetésére
az egyedet befogadó létesítmény azonosítására	az egyedet érő aktuális <b>klórterhelés</b> és a belőle kalkulált faktor követésére
az egyedet befogadó műszaki egység és beszerelési pozíció azonosítására	az egyedet érő aktuális <b>hőmérséklet</b> és a hatásai alapján kalkulált faktor követésére
a beszerelés (esetleg átszerelés) és tönkremenetel időpontjának rögzítésére	a <b>közegnek</b> az egyedet károsító <b>kicsapódási hajlama</b> és a belőle kalkulált faktor követésére
az egyedekkel kapcsolatos nem számszerű információk rögzítésére	az <b>egyenértékű működési idő</b> és ezek végső összegzésként az <b>egyenértékű élettartam</b> számítására

Az említett adatbázis az adatok és változók rögzítésén kívül

- az üzemi adatokból faktorokat számít,
- a faktorok ismeretében egyenértékű működési időt és egyenértékű élettartamot számít,
- automatikusan átírásokat törléseket, letiltásokat generál és
- archivál.

#### 4. Tézis

*Informatikai háttérrel, ezen belül legalább napi információszerzést és számítógépes adatkapcsolatot, valamint adatbázis kezelő programot igénylő, ipari felhasználásra is alkalmazható adatstruktúrát dolgoztam ki. Az adatstruktúra lehetővé teszi a termékfejlesztést, a tervezés, gyártás és a létesítmény üzemeltetés vonatkozásában.*

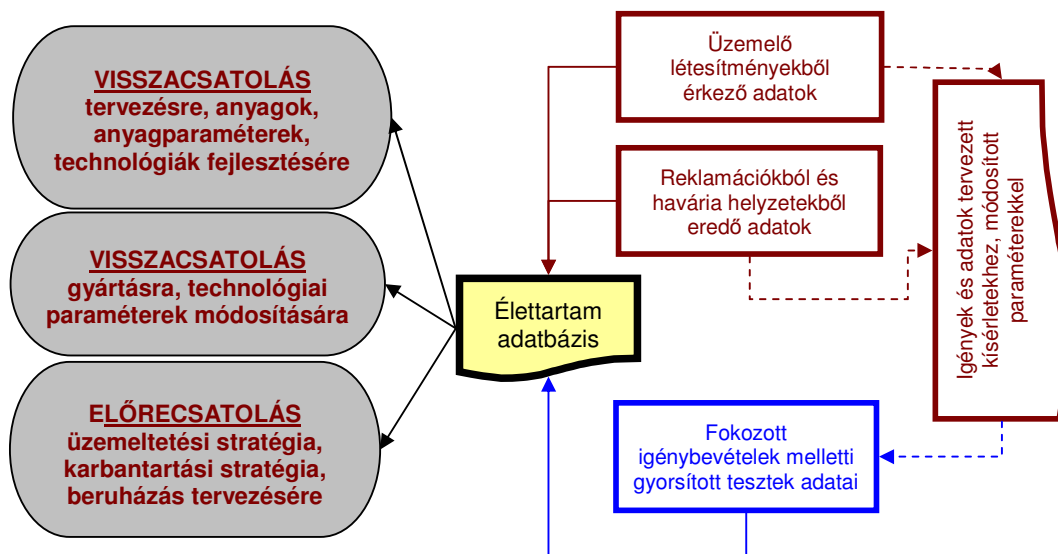
**Létrehoztam és a kísérleti fázisban az egyenértékű élettartam számításokra alkalmaztam is az „ÉLETTARTAM ADATBÁZIS” struktúrát, amely tartalmában és funkcióiban az adatok gyűjtését, feldolgozását és archiválását egyaránt megvalósítja. Ez alkalmas arra, hogy a termékek életútjának nyomon követésével használható visszacsatolást biztosítson a terméktervezésre és -fejlesztésre, a gyártástechnológiára, a karbantartási és üzemeltetési folyamatokra, valamint az ezzel kapcsolatos beruházási döntésekre.**

Az üzemeltetésről és a tönkremenetelekről szerzett információk lényegében három területről származnak, és három eltérő típusú információt és reprezentációs minőséget hordoznak:

- Az **üzemelő telepekhez** kiszállított termékek utógondozásával szerzett információk üzemviteli jellemzőkről, élettartamokról, igénybevételi sajátosságokról és tönkremeneteli módokról szólnak. Ez az adatforrás bőséges lehet, de elég heterogén képet mutat. Az információkat a helyi üzemeltetők, a táv-jeladókkal és adattovábbító egységekkel is ellátott automata készülékek, napi vagy heti e-mail-es valamint karbantartási protokollok szolgáltatják.
- A termékek tönkremenetelével összefüggésbe hozható **reklamációk** értékes információval szolgálnak, de a reprezentativitásuk kétséges. A másik két forráshoz viszonyítva nagyságrendekkel kevesebb egyedről szerzünk így tudomást. Elmondható, hogy csak a rendkívül hamar, ritkán előforduló problémákból tönkremenő egyedek jelennek meg ezeken a forrásokon. Lényegében csak minőségi információk nyerhetők a károsodások és körülményei megfigyeléséből, legtöbbször gyártási hibákra.
- A **gyári tesztelő berendezésen**, a gyártási tételek közül kiemelt reprezentatív egyedeket „öregítik”, teszik tönkre. Az adatgyűjtést részletes megfigyelésekkel, fegyelmezett technológiával, de felfokozott viszonyok (HALT, és HASS tesztek) között, a reprodukálhatóságot szem előtt tartva végzik, az öregítő vizsgálatok során. A gyártási mennyiséghez képest kis mennyiségű adatforrás, de a célzott megfigyelések és kísérletek legfontosabb színtere.

Az élettartam adatbázis létrehozásával tervezhetőek lesznek a karbantartási és üzemeltetési beavatkozások, valamint kiindulási információkkal szolgálhat egyes beruházási döntéseket megelőzően. Mindezek mellett a kvalitatív és kvantitatív adatokkal alátámasztott objektív tények felhasználásával lehetőség nyílik a terméktervezés és -fejlesztés, valamint a gyártás felé elvárásokat megfogalmazni és információkat szolgáltatni.

Az alábbi ábra a bevezetett fogalmakhoz kötődő számítási módszerek, és az adatbázis létrehozásán keresztül azt a hidat ábrázolja, amelynek feladata az információforrások, valamint a vissza- és előrecsatolások közti kapcsolat megvalósítása.



3. ábra Az élettartam adatbázis létrehozásának célja és környezete

### 5. Tézis

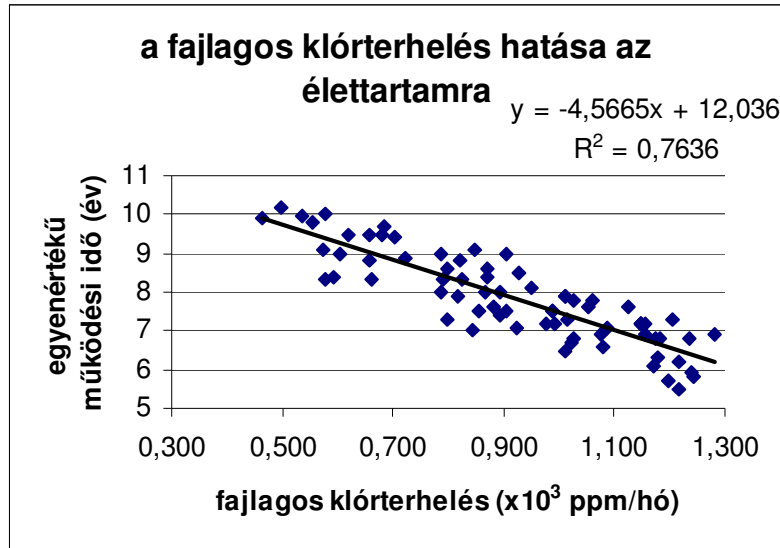
A jelenleg elszigetelten megjelenő gyorsított tesztek adatai, a hibastatisztikák eseti adatai és a felhasználás során keletkező tömegadatok összemérhetősége és integrálása érdekében az ÉLETTARTAM ADATBÁZIS kiegészült olyan adatelemekkel, melyek segítségével a kapott időintervallum számadatokat át lehet számolni egyenértékű élettartamokká (3. tézis).

Az általam kidolgozott „ÉLETTARTAM ADATBÁZIS” alkalmas arra, hogy a termékek üzemi működéséről az üzemeltetőktől, a káreseteket elemzőktől, és az üzemi tesztlő berendezésekről szerezhető kvalitatív és kvantitatív adatokat összevonja, valamint a releváns számítások elvégzése mellett minőségi jellegű információkat szolgáltatson, archiváljon.

#### 5.4. Elemzések az új számítási módszerekkel kapott adatok alapján

Elemzéseink két irányban folytak. Elsőként arra a kérdésre kerestünk választ, hogy milyen valós összefüggésben van a klórterhelés és az élettartam. Ebben korrelációs elemzést végeztünk a korábban bevezetett „élettartam klórterhelés” és az „egyenértékű élettartam” között. A kimutatható gyenge negatív (de nem szignifikáns) korreláció arra utalt, hogy az egyenértékű élettartamot más faktorok is befolyásolják, de vélhetően a nagyobb klórterhelés rövidebb életkort eredményez.

A klór károsító hatását jobban mutatja a második korrelációs elemzés, amelyben egy fajlagos értéket vizsgálatunk. Itt az élettartam egy hónapjára fajlagosított klór dózis és az egyenértékű élettartam közti összefüggés már statisztikai értelemben is meghatározónak adódott.



4. ábra A modulokon számított egyenértékű működési idő alakulása az egy hónapra fajlagosított klórterheléssel

Elemzéseink második része az élettartamadatok eloszlásának vizsgálata volt. A vizsgálatok szerint az egyenértékű élettartam adatokkal számolt kétparaméteres Weibull eloszlást a transzformációs hálóra felvéve, az alábbi paraméterek szerinti jelleget kapjuk.

1. táblázat Egyenértékű élettartam adatokkal számolt Weibull paraméterek

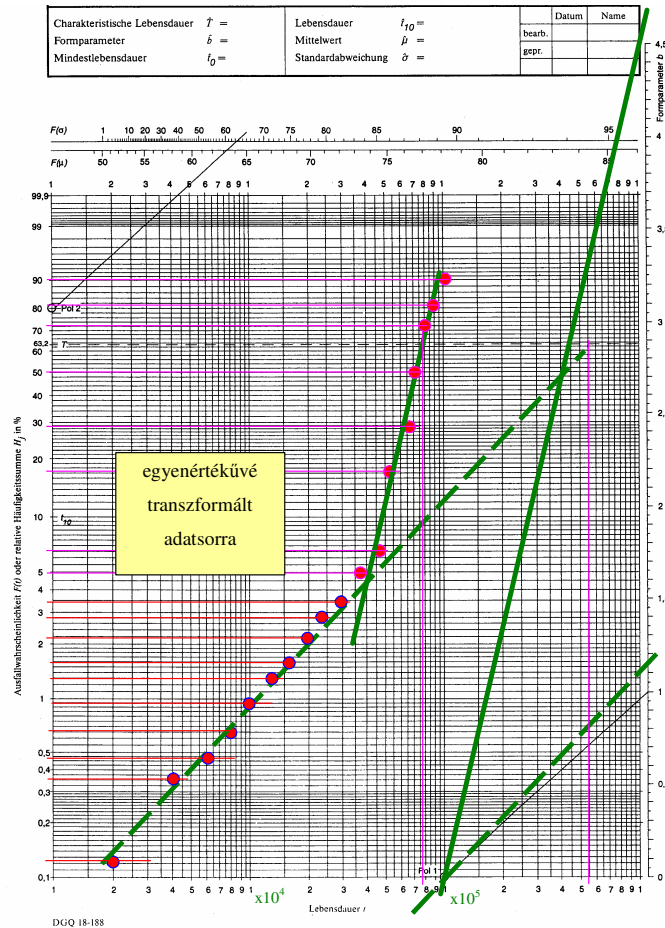
	szakaszonként az alakparaméter – $b$	szakaszonként a karakterisztikus élettartam – $T_K$
első szakasz (2000-18000 óra)	1,15	550 000 óra*
második szakasz (18000 óra –)	4,7	75 000 óra*

Az egyenértékű élettartam adatok elemzésekor szembeűnő, hogy az eloszlás képe nagyban különbözik a naptári órákkal számítottaktól. Ez a terhelési szintek okozta károsító hatások súlyozásából, és így az öregedési folyamatok eltéréseiből adódik.

A két szakasz a görbén továbbra is észrevehető, azonban az alakparaméterek alakulása pont fordítottja a naptári órákkal számoltaknak. Ez azt is eredményezi, hogy a kádgörbékről alkotott kép tér vissza, miszerint a kiesési ráta az öregedés előrehaladtával növekszik, vagyis a károsító hatások a szerkezeti károsodásokat fokozzák, és egyre nagyobb a működőképesek közül a meghibásodók aránya.

A későbbiekben a rutinszerűen, széles körben végzett elemzések alapján elképzelhető, hogy az egyenértékű élettartam alapján tett megállapítások naptári idővé való visszatranszformálásakor a szakaszok metszéspontja jelenthet támpontot.

Mindez tehát lehetővé teszi, hogy az adatok összehasonlíthatóvá váljanak, ha különböző körülmények közt működő telepeken vannak beépítve, vagy esetleg az öregítő tesztek „gyorsított” viszonyai közt válnak használhatatlanná.



5. ábra Élettartamháló a valós adatokra, az egyenértékű működési idő figyelembevételével

## 6. Tézis

A valós üzemeltetési adatokkal feltöltött ÉLETTARTAM ADATBÁZIS alapján, elkülöníthető gyártási tételek kigyűjtött adataiból, jól meghatározott faktorokból kiindulva élettartam-elemzést végeztünk bizonyítva, hogy a 4. tézisben jelzett visszacsatolásokhoz megfelelő kapcsolati rendszer igazolható.

A szűrőmembránok EGYENÉRTÉKŰ ÉLETTARTAM értékeiből kevert Weibull eloszlás mutatható ki, és a számítási metodika segítségével eltérő körülmények közti üzemeltetés esetén is alkalmas az élettartam alakulásának a leírására, biztosítva ezzel azokat a feltételeket, melyek a karbantartási rendszer szabályozásához szükséges.

## 6. A kutatás továbbfejlesztési lehetőségei

A témát befogadó cég gyakorlati szakemberei a kérdéskör általam történő megközelítését adekvátnak tartják, saját problémáik megoldását remélik tőle. Az adott termék esetére való, a leírtakat figyelembe vevő számításmódot nem használták, a kutatás során kidolgozott értékelési rend az eddigi alkalmazott elemzéseken műszaki vonatkozásban lényegesen túlmutat.

Esetenként az irodalomban is felfedezhető végigjárt gondolatmenet analógiája, de a termékhez hasonló adatkörnyezetre megoldásokat, eredményeket nem publikáltak. Amennyiben az üzemeltetési, karbantartási és felújítási időszakok vezetése pontosabb és izolálhatóbb lesz, az élettartam klórterhelés számítása is jobban fog közelíteni a valós értékekhez. Hasonló módon, ha az in-line és on-line módon érkező adathalmaz adatbázisba juttatása, automatikus átlagolása, frissítése informatikailag fejlődik, egyre pontosabb lesz az egyenértékű üzemidő által megfogalmazott jellemző.

További fejlesztési terület, hogy újabb kritikus élettartam tényezők felfedése esetén újabb módosító faktorok kerüljenek az adatbázisba. A későbbiekben szintén a módszer fejlődését és ez által használhatóságát fogja javítani, ha a jelenleg megállapított faktorok értékeit kísérletekkel, feltételek tisztázásával a további kutatások pontosítják.

A szennyvíztisztításban alkalmazott membránszűrők esetére – de más műszaki területeken is megfigyelhetően – készült módszertan és élettartam adatbázis egy fejlődési vonalban helyezhető el, így e folyamat egy fontos lépcsőjének tekinthető. Az „öszönösen” folyó folyamat lényege, hogy az egyedekről szerzett élettartam, károsodási és tönkremeneteli információk minél pontosabban mutassák az egyedek és az őket befogadó szerkezetek csoportjainak életkilátásait, alapul szolgálhassanak az állapot-fenntartási beavatkozásokra, valamint segítsék a termékfejlesztési tevékenységet.

Az általunk vizsgált iparági területre jellemző műszerezettség és dokumentációs adottságok (pl. informatikai háttér) mellett a membránszűrés területén sajátos tendencia figyelhető meg. A modulokba, szerelt csőmembrán szűrőkre vezetett adatbázisok fejlődése lehetővé és szükségessé teszi az adatok integrált szemléletű feldolgozását.

Mindezen továbblépési lehetőségek és további tudományos igényű kutatási feladatok reményében várom a gyakorlati bevezetés tapasztalatait.

## 7. A témához kapcsolódó tudományos közlemények

### 7.1. Konferencia előadások

- [1] Gregász Tibor: **Az élettartam vizsgálatok adaptációs kérdései membránszűrőknél**  
(„Jövőbe mutató technológiák a környezetvédelemben és a könnyűiparban” című BMF konferencián elhangzott előadás – 2009, és a megjelenésben levő kiadvány)
- [2] Koczor Z., Göndör V., Gregász T.: **Mérési rendszer fejlesztése technológiai sorba épített mérőeszközök esetében**  
(„Jövőbe mutató technológiák a környezetvédelemben és a könnyűiparban” című BMF konferencián elhangzott előadás – 2009 és a megjelenésben levő kiadvány 2010-ben)
- [3] Gregász Tibor – Fekete Beatrix: **R&R vizsgálatok fejlesztése trendes jellemző mérési rendszerére**  
(*Anyagvizsgálat a Gyakorlatban (4. AGY) Szakmai Szeminárium 2008. Kecskemét*)
- [4] Koczor Z., Göndör V., Gregász T.: **Gyakorlatorientált módszer a mérési bizonytalanság folyamatos csökkentésére**  
(*Magyarországi Tanúsított Cégek XIII. NEMZETI KONFERENCIA 2006. Balatonfüred, ISBN 963 06 0730 1, "A" szekció A3 1-12 oldal*)
- [5] Gregász Tibor – Keszei Adrienn: **Az autóiipari elvárások adaptálása textilipari környezetre mérőeszközök R&R vizsgálatainál**  
(*konferencia előadás IN-TECH-ED Budapest, BMF 2005 / Konferencia kiadvány: ISBN 963 9397 067, 2005. Textiltechnológiai szekció 171. oldal*)

### 7.2. Írásos közlemények

- [6] Tibor Gregász, Endre Korondi: Influence of Maintenance Strategies on Environmental Load  
Acta Polytechnica Hungarica Vol. 5. No.3. 2008 page: 29-37.
- [7] Koczor Z., Göndör V., Gregász T.: A mérési tevékenység folyamatos fejlesztése  
(Magyar Minőség – 2005/5)

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
tipus	közvetlen aktuositás	pozíció	törlésmentes időpontja	bevezetés időpontja	inflációs "q1" faktor	szárítási "q2" faktor	"q" faktor	hossz "q" faktor	hőmérséklet	Montello bis	"L.CJ" faktor	vit. társaságok	megfigyelési hőszab. hőszab.	egyenlítői működési időtartam	egyenlítői élettartam	megjegyzés 1	megjegyzés 2	
3006.1	AB1.3e-01R231A1		2004.02.01	2002.01.30														
3006.1	AB1.3e-01R231A2		2004.02.01	2002.01.30														
3006.1	AB1.3e-01R231A3		2004.02.01	2002.01.30														
3006.1	AB1.3e-01R231A4		2004.02.01	2002.02.03														
3006.1	AB1.3e-01R231A5		2004.02.01	2002.02.03														
3006.1	AB1.3e-01R231A6		2004.02.01	2002.02.03														
3006.1	AB1.3e-01R231A7		2004.02.01	2002.02.03														
3006.1	AB1.3e-01R231A8		2004.02.01	2002.02.03														
3006.1	AB1.3e-01R231A9		2004.02.01	2002.02.03														
3006.1	AB1.3e-01R231A10		2004.02.01	2002.02.03														
3006.1	AB1.3e-01R231A11		2004.02.01	2002.02.03														
3006.1	AB1.3e-01R231A12		2004.02.01	2002.02.03														
3006.1	AB1.3e-01R231A13		2004.02.01	2002.02.03														
3006.1	AB1.3e-01R231A14		2004.02.01	2002.02.03														
3006.1	AB1.3e-01R231A15		2004.02.01	2002.02.03														
3006.1	AB1.3e-01R231A16		2004.07.31	2002.02.03														
3006.1	AB1.3e-01R231A17		2004.07.31	2002.02.03														
3006.1	AB1.3e-01R231A18		2004.07.31	2002.02.03														
3006.1	AB1.3e-01R231A19		2004.11.02	2002.02.03														
3006.1	AB1.3e-01R231A20		2004.11.02	2002.02.03														
3006.2	AB1.3e-01R231A21		2004.02.01	2002.02.04														
3006.2	AB1.3e-01R231A22		2004.02.01	2002.02.04														
3006.2	AB1.3e-01R231A23		2004.07.31	2002.02.04														
3006.2	AB1.3e-01R231A24		2004.07.31	2002.02.04														
3006.2	AB1.3e-01R231A25		2004.07.31	2002.02.04														
3006.2	AB1.3e-01R231A26		2004.07.31	2002.02.04														
3006.2	AB1.3e-01R231A27		2004.07.31	2002.02.04														
3006.2	AB1.3e-01R231A28		2004.11.02	2002.02.04														
3006				2002.02.06														
3006				2002.02.06														
3006				2002.02.06														
3006				2002.02.06														
3006				2002.02.06														
3006				2002.02.06														
3006.1	AB1.3e-01R231A35		2004.05.11	2002.02.06														
3006.1	AB1.3e-01R231A36		2004.05.11	2002.02.06														
3006.1	AB1.3e-01R231A37		2004.05.11	2002.02.06														
3006.1	AB1.3e-01R231A38		2004.11.04	2002.02.06														
3006.1	AB1.3e-01R231A39		2004.11.04	2002.02.06														
3006.1	AB1.3e-01R231A40		2004.11.04	2002.02.06														
3006.1	AB1.3e-01R231B1		2004.08.08	2002.02.26														
3006.1	AB1.3e-01R231B2		2004.08.08	2002.02.26														
3006.1	AB1.3e-01R231B3		2004.08.08	2002.02.26														
3006.1	AB1.3e-01R231B4		2004.08.08	2002.02.26														
3006.1	AB1.3e-01R231B5		2004.08.08	2002.02.26														
3006.1	AB1.3e-01R231B6		2004.10.01	2002.02.26														

Modulhoz köthető nyitott adatok!

modulhoz köthető kumulált változó

generált változók

üzemi változók

Állandó adatok!

Modulhoz köthető zárt adatok!