

Az élettartam jellemzők meghatározása a befolyásoló tényezők valós idejű megfigyelésén keresztül

Gregász Tibor

Óbudai Egyetem RKK MTS, H-1034 Budapest, Doberdó út 6.
gregasz.tibor@rkk.uni-obuda.hu

***Absztrakt:** Az előadás alapjául szolgáló kutatás célja, kialakítani egy élettartam elemzést végző számítási metódust, amely figyelembe veszi egy szakmaterület sajátos üzemelési, tönkremeneteli folyamatait és vizsgálati, elemzési igényeit. Az értelmezési különbségek pontatlanságokat és ebből az élettartamra vonatkozó megállapítások használhatatlanságát eredményezheti. Változó igénybevételi szinteket és külső körülményeket elszenvedő berendezések esetén a károsodások időbeli előrehaladottságának szintje nagyon eltérő lehet azonos naptári üzemelés mennyiség elteltével.*

A probléma megoldására alkalmas számszerűsíthető fogalmakat és számítási módokat vezettünk be. A kérdések akkor válaszolhatóak meg a legpontosabban, ha ismerjük a termék eredendő tulajdonságai mellett az igénybevételek összetételét és jellegzetességeit.

A gyakorlatban végzett adatgyűjtés és az élettartamnál megszokott Weibull elemzés az új elvi megközelítéseket tartalmazó adatbázis kialakításával támogatja a fejlesztést.

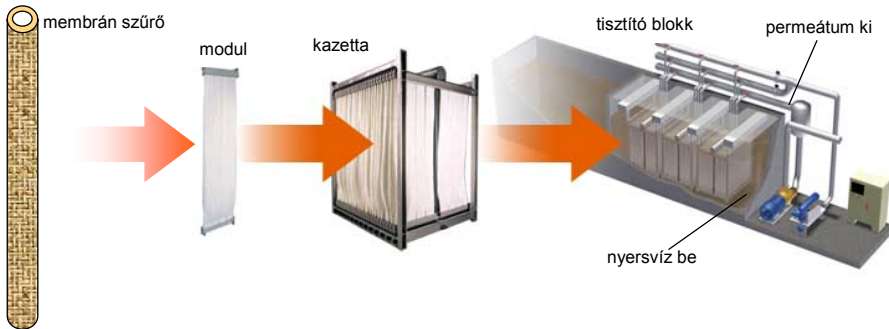
***Kulcsszavak:** élettartam, egyenértékű élettartam, egyenértékű működési idő, élettartam számítás*

1. A membránszűréssel való szennyvíztisztítás elvi technológiája

A szennyvíztisztítás egyik modern formája, hogy a mechanikailag és biológiailag előtisztított, kisebb molekulákra bontott szennyezőanyagokat tartalmazó vizet utolsó tisztítási fázisként membránszűrők segítségével ultraszűrésnek vetik alá.

A membránszűrési folyamatok nagyon új, de ígéretes technológia a magas molekulású vegyületeket (pigmenteket, fehérjéket, olajokat, zsírokat, emulziókat, vagy mikroorganizmusokat, stb.) tartalmazó hulladékok előkezelésére. Mindezek lehetővé teszik, hogy a tisztított víz visszaáramoljon a természetes vizekbe, betápláljon az ivóvízhálózatba, vagy speciális tisztasági

igényeket támasztó ipari felhasználású vizet szolgáltatasson. A mesterséges, permeszelektív membránok két fázis elválasztásakor aktív vagy passzív válaszfalként a vele érintkezésben lévő fázisok közötti anyagávitelt korlátozzák.

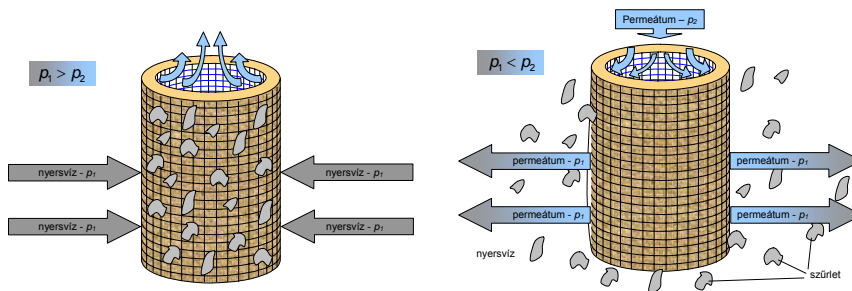


1. ábra

A szűrőállomás elvi felépítése

A szűrőmodul több üreges csőmembránból áll, amely nagy felületet alkotó térfogategységet képez. (1. ábra) A membrán modulokat kazettákká állítják össze, amelyek saját nyersvíz medencével és permeátum gyűjtővel, mint működési egységek vesznek részt a gépészeti rendszerben.

A membrán a fizikai megjelenését tekintve néhány milliméteres cső, amelynek a fala akadályozza meg a víztől eltérő méretű molekulák közlekedését, és ez által biztosítja ezek kiszűrését. A csőmembrán külső falán kívül az előtisztított szennyvízes közeg (*nyersvíz*) nagyobb nyomással rendelkezik, mint a belsejében levő alacsony nyomású ultraszűrt közeg, így a külső palást mentén történik a szűrés, és kívülről befele a közegáramlás. (2. ábra)



2. ábra

A szűrési ciklus két fázisa, a szűrés (bal) és a visszamosás (jobb)

A szűrési folyamat szakaszosan megy végbe, ahol a néhány tízperces *szűrési fázis* ½-1 perces nagyságrendű *visszamosási fázis* követi a kialakuló szűrőlepleny eltávolítása érdekében.

A szűrőmodulokon tisztítás gyanánt folyamatosan vagy szakaszosan levegőt buborékoltatnak alulról felfelé, hogy mechanikailag tisztítsa, ezáltal lassítsa a szűrőlepleny kialakulását és a felületi eltömődést.

Ezekon kívül leállított üzem mellett néhány havi rendszerességgel kisebb-nagyobb mennyiségű klór hozzáadásával áztató fürdőt követő lemosással tartják karban a kazettákat.

2. A hagyományos élettartam elemzések problémái

A hagyományos élettartam elemzéseknél (pl. szabványosított élettartam tesztek) általános probléma, hogy a normál idejű (de laborkörülmények közt végrehajtott) és a gyorsított vizsgálatok reprodukálhatósága, az eredmények összehasonlíthatósága érdekében számos tényezőt szabványosítanak, de legalább is a vizsgálat idejére szabályozott módon állandósított körülmények közt tartanak. Az eredmények pontosságát befolyásolják a valós viszonyoktól való különbözősük, amelyek általában az alábbiakra vezethető vissza:

- **Nem azonosak az egyedek, mivel** a verziók közt esetleg direkt változatosság és természetesen kialakuló véletlen ingadozás jelentkezik a szerkezeti és anyagtulajdonságokban.
- **Bár ciklikusan ismétlődő igénybevételek** jönnek létre, de csak közel azonos frekvenciával, és közel azonos időfüggvény szerint,
- **Az azonosnak tekintett középfeszültség** esetenként a valóstól akár nagyban is eltérhet. A terhelési szint az egész élettartam alatt többször is jelentősen különbözhet, hiszen az enyhén eltérőtől az extrémig alakuló üzemeltetési körülmények létrejöttét a valóság adja, pl.: a szűrőktől elvárt fluxus-igény, eltömődés, időjárási viszontagságok, stb. ...
- **Az azonosnak tekintett amplitúdó sem a valóságos viszonyokat tükrözi,** hiszen a terhelés ingadozása az eltömődés szakaszosan-trendszerű kialakulása és a levegőztetés miatt bonyolultan változik
- **A változatlan környezeti paraméterek feltételezése** még valószerűtlenebb, hiszen a tél-nyár, a jelentős csapadék – vagy éppen szárazság–, a nagy és kicsi klórkoncentráció mind a tesztek bizonytalanságát növelik.

Hogy a passzív kísérletben résztvevő egyedeken „végzett” élettartam tesztek, valamint az aktív kísérletként beállított és szabályozott körülmények közt zajló fárasztások összehasonlítható és használható eredményt mutassanak, célszerű lenne az így megélt működési időt standardizálni egy konverzió segítségével. Ezt szolgálják az általunk kidolgozott, a következő fejezetben bevezetésre kerülő *egyenértékű működési idő* és *egyenértékű élettartam* fogalmak, valamint az őket számszerűsítő módszerek.

3. Az egyenértékű időkkel való számítások bevezetése valós idejű adatfeldolgozással

A kutatás bár általános módszertant akar teremteni az egyenértékű működési idő számítására, a kifejlesztés és a próba az első fejezetben említett membránszűrők élettartam vizsgálatára realizálódott.

Ebből adódóan a hagyományos elemzések bizonytalanságának fő forrásai membránszűrőknél:

- Pillanatnyi igények szerint beállított fluxus (szűrési anyagáram)
- Jellegzetes frekvenciaspektrum a nyomásváltozásként jelentkező igénybevételeknél (visszamosások, levegőztetés, különböző rendszeres karbantartó beavatkozások, szezonális jellegű hőmérsékleti és vegyi hatások)
- többféle klórkoncentráció váltakozása a vegyi öregítő hatásoknál (klórmentes, ivóvíz-üzemi, és kétféle karbantartó eljárás)
- Fokozatosan kialakuló eltömődés,
- Hirtelen fellépő károsító hatások.

Az irodalomban fellelhetők esetek az egyenértékűvé tett különböző károsító hatások standardizálására, azonban ilyen komplex, és a problémára specializálható módszertanról még nincsenek ismereteink. (Pl. a szerkezetet terhelő statikus és dinamikus mechanikai feszültségek, súrlódás, fényhatás, stb).

Az új módszer lényege, hogy az élettartam adatok összemérhetőségének érdekében a különböző környezetben tartózkodó egyedeket az őket ért igénybevételek szempontjából közös vonatkoztatási alaphoz képest nézzük.

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

A szűrőmembránok élettartamát viszonylag kevés, jól elkülöníthető, szabályos ciklusokként megjelenő, és ezért jól számszerűsíthető igénybevételi szakasz határozza meg. Ezen szakaszokban halmozódó károsodások építik le a szűrők szerkezetét, vagy egyéb módon hozzák közelebb a végső tönkremenetel idejét. Egy víztisztító telepen beszerelt szűrőkazettákra és benne a membránok sokaságára azonos környezeti feltételek és igénybevételi sajátosságok jellemzőek. Telepenként és főleg földrajzi egységenként viszont már igen jelentős különbségek alakulhatnak ki, az azonos szűrőtermékek felhasználási körülményeiként.

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. Egy-egy szakaszra az egyenértékű üzemidő megadása az alábbi módon válik számíthatóvá és a tényezők és faktorok aktualizálásával más műszaki területekre adaptálhatóvá:

$$t_{e_i} = t \cdot a \cdot b \cdot cl \cdot d \cdot e \cdot f \quad (1)$$

ahol:

t_{e_i} – egyenértékű üzemidő az i -edik igénybevételi szakaszra [h]

t – az üzemelési időszak hossza, amelyen belül a súlyozó faktorok azonosnak tekinthetők [h]

a – a hidrodinamikai terhelés mértéke szerinti faktor egy referenciaterheléshez viszonyítva, az igénybevételi szakaszban, százalékos jelentésű, de számszerűen egyet meghaladó arányskálán. Kísérletekkel pontosítható szubjektív skála. [-]

b – a hőmérséklet, és az ebből eredő viszkozitás-növekedés, és a kicsapódási hajlam hőfüggése miatti eltérő terhelés szerinti faktor egy referenciaterheléshez viszonyítva, az igénybevételi szakaszban pl.: százalékos jelentésű, de számszerűen egyet meghaladó arányskálán. [-] Kísérletekkel pontosítható szubjektív skála.

cl – a klórtartalom miatti károsítás mértéke szerinti faktor az igénybevételi szakaszban, egy objektív skálán. A faktor a természetes mértékegységben [mill.ppmh] kifejezhető Cl koncentráció értékeinek arányát mutatja egy gyakorlati minimum Cl terheléshez viszonyítva. A teljesen klórmentes üzemelés esetén ez tehát minimálisan 1-et érhet el.

d – a tartós eltömődési hajlam szerinti faktor az igénybevételi szakaszban, ami a tönkremenetelt gyorsíthatja (1-et meghaladó), vagy akár lassíthatja (0-1-ig) szubjektív skálán [-]

e – az adott környezetre jellemző, a vízben kicsapódni képes anyagok telítettségével összefüggő faktor (1-et meghaladó), ami a tönkremenetelt gyorsíthatja. Egy objektív keménységi számértékből konvertálhatóan. [-]

f – eddig ismeretlen okból számításba vehető faktor az igénybevételi szakaszban, ami a tönkremenetelt gyorsíthatja pl.: százalékos jelentésű, de számszerűen egyet meghaladóértékű egy arányskálán értékelve. Kísérletekkel pontosítható szubjektív skála. A faktor a tönkremenetelt gyorsíthatja (1-et meghaladó faktor), vagy akár lassíthatja (0,1 - 1-ig) szubjektív skálán. [-]

Az élettartam során csoportosítható azonos időszakok egyenértékű élettartam adatainak tervezett vagy tapasztalt előfordulási mennyiségei összegzése alapján az *egyenértékű élettartam* is számíthatóvá válik az alábbi kumulált jellemző szerint (τ_c).

$$\tau_e = \sum_{i=1}^n t_{e_i} \quad (2)$$

Az alkalmazhatóságot segíti, hogy létezik olyan technika, amely on-line módon képes akár valós idejű (vagy ahhoz hasonló, pl. néhány óránként egy kötegelt adatfolyamként) adatáramlással továbbítani a folyamatműszerek által jelzett értékeket. Az említett szűrők esetében ez lehet pl. az egyes ciklusokban uralkodó nyomásviszonyok, a hőmérséklet, a víz turbiditása, a jellemző ionok kicsapódási hajlamának indikátor változói, stb.

A beérkező adatokból egy szoftver a fenti algoritmus alkalmazásával *egyenértékű működési* időt generál a tényleges üzemidőből, valamint a tönkremenetel bekövetkeztekor az elmentett (és egyedekhez rendelt) időszakok összegzésével *egyenértékű élettartamot* számol.

Ezen élettartam adatok megszerzése történhet gyorsított tesztek berendezéseiről, vagy a ténylegesen szolgálatban álló egyedekről egyaránt. A számítási módszer végül segít azonos dimenzióra hozni a különböző forrású élettartam információk értékeit, hogy azok vissza és előrehatást biztosítsanak az alábbi lényeges folyamatokra:

- Üzemeltetési döntések (terhelhetőség, betervezett leállások, stb.)
- Karbantartási tevékenységek és stratégiák tervezése
- Felújító és technológiaváltó beruházások tervezésére

4. Elemzések az egyenértékű üzemidővel számított élettartamokból

Az egyenértékű élettartam adatokkal számolva a kétparaméteres Weibull eloszlás transzformációs hálójára felvéve, a következő valószínűségi háló szerinti eloszláskép rajzolódik ki.

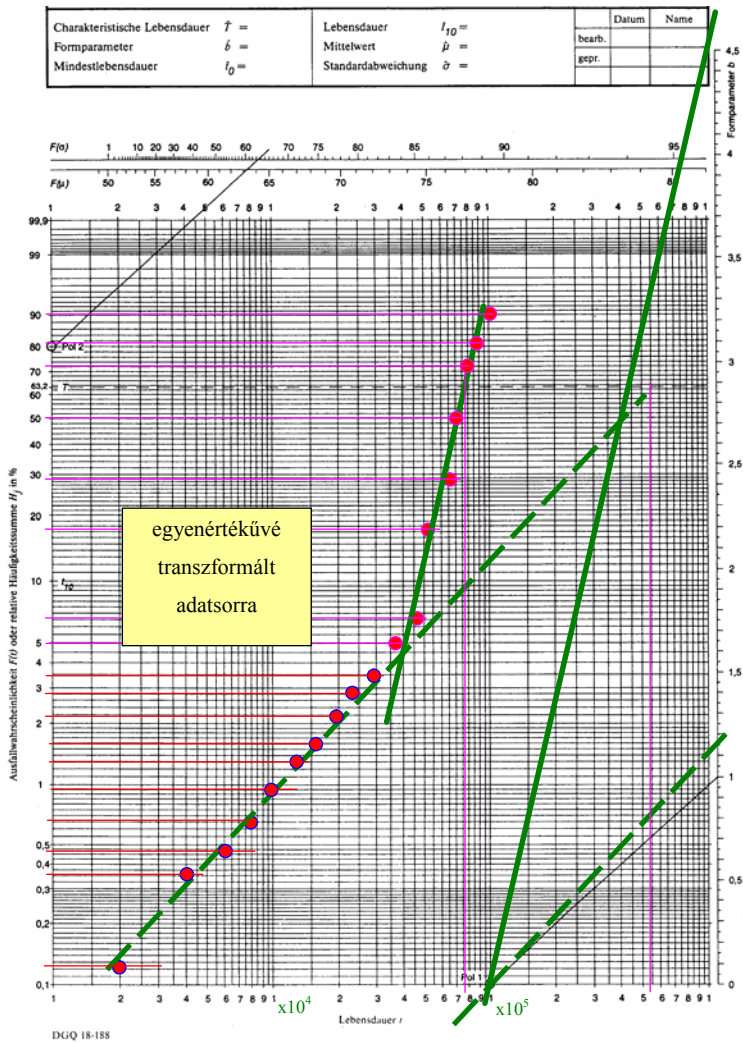
1. táblázat

Egyenértékű élettartam adatokkal számolt Weibull paraméterek

	<i>szakaszonként az alakparaméter – b</i>	<i>szakaszonként a karakterisztikus élettartam – T_K</i>
<i>első szakasz (2e-18e óra)</i>	1,15	550 000 óra*
<i>második szakasz (18e óra –)</i>	4,7	75 000 óra*

Az egyenértékű üzemidővel számított egyenértékű élettartam adatok elemzésekor szembetűnő, 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.



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

Megfigyelhetjük viszont, hogy a görbejelleg változásának, a szakaszok irányváltásának helye nem változott ilyen karakteresen. Amíg a naptári órákkal számoltaknál 18-22 000 óra körüli, addig az egyenértékű élettartammal számolt diagramon ez 40 000 óra körülire növekszik.

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.

Konklúzió

A kutatás során a szűrőegyedekről megszerezhető adathalmaz alapján, a létrehozott élettartam adatbázis segítségével „egyenértékű működési időket”, majd abból „egyenértékű élettartamokat” számítottunk. Mindezekből a területen jól ismert Weibull elemzéseket végeztünk, amelynek újszerűségét az adja, hogy nem naptári időből számított adatokkal, hanem az egyenértékű működési idők figyelembevételével készítettük el. Az elemzés során kiderült, hogy a kétféle időlépték (a naptári és az egyenértékű idők) mentén végzett elemzések Weibull hálón mutatott képei eltérőek lesznek. Az adatbázis használatával elemzések sora szükséges ahhoz, hogy a módszert alkalmazó szakember biztonsággal alkalmazhassa a transzformációkat az új és a régi számítási módszertan közt. Ez azért fontos, hogy a károsító hatásokat súlyozva, de objektíven számított egyenértékű működési időből rajzolt Weibull jelleggörbének a pontjaiból és jellegzetességeiből valós (napárban kezelhető) használati időkre és tervezett beavatkozási időpontokra tudjon következtetni.

Hivatkozások

- [1] Gregász Tibor: Az élettartam pontosabb meghatározása az igénybevételi sajátosságok folyamatos megfigyelésén keresztül („A karbantartás kihívása – a tudástöke felértékelődése” című konferencia előadása, 2010. június 8-9, Veszprém, Pannon Egyetem)
- [2] Gregász Tibor: Nemfémes szerkezeti anyagok élettartam-problémáinak minőségügyi megközelítése (PhD értekezés, 2009, Sopron, Nyugat Magyarországi Egyetem FMK)
- [3] Gregász Tibor: Az élettartam vizsgálatok adaptációs kérdései membránszűrőknél („Jövőbe mutató technológiák a környezetvédelemben és a könnyűiparban” című BMF konferencián elhangzott előadás – 2009, elektronikus kiadvány (ISBN: 978-963-7154-98-0)