

# Póttápvízelőkészítő rendszerek környezetszennyezési mértékének analizise

Hilt László

okl. energetikai szakmérnök  
Alagi Állami Gazdaság

## 1. Bevezetés

Hazánkban az 1976-ban életbe lépett környezetvédelmi törvény következtében számos területen (vízkészlet, talaj, levegő, zaj) igen fontos részeredmények születtek, azonban környezetünk egyre fokozódó elszennyeződését megállítani nem tudtuk, csupán lassítani.

A vegyi vízelőkészítő berendezésekkel működő ipari kazántelepek, nagy számuk miatt a vízdali környezetszennyezésnek is jelentős forrásai.

Fontos, hogy a gazdaságosságot és környezeti kímélést döntően befolyásoló tényezők figyelembevételével jellemezzük az ipari kazántelepeken legelterjedtebben használatos vízelőkészítési technológiákat.

Amíg a póttápvízelőkészítő rendszerek műszaki gazdaságossági kérdéseiről számos dolgozat megjelent már, addig a póttápvízelőkészítő eljárások környezetvédelmi sajátosságairól, az egyes technológiák környezetszennyezési mértékének számszerűsítésére csak próbálkozások történtek [1], ill. elveket rögzítettek [2].

*Ilyen örökszabály például az, hogy a meszes előlagyítás a legkörnyezetkímélőbb vegyi vízkezelő eljárás.*

Felmerül azonban a kérdés, hogy egyrészt igaz-e ez minden nyersvízösszetételre (bármilyen ionarányra), másrészt a ME + KS—Na<sup>+</sup> póttápvízelőkészítő rendszer eredő fajlagos környezetszennyezése is kedvezőbb-e más (pl. KCO—H<sup>+</sup> + KS—Na<sup>+</sup>) rendszer eredő fajlagos környezetszennyezési mértékénél.

A kormány anyag- és energiatakarékossági eredményeivel azonos jelentőséggel bíró környezetvédelmi erőfeszítések arra ösztönöznek, hogy a kérdést közelebbről vizsgáljuk meg, és a viszonyokat lehetőleg analitikus leírási mód segítségével elemezzük.

Ebben a dolgozatban, a teljesség igénye nélkül, a vízelőkészítésben használatos műveleti egységek, és az ezekből összeépített póttápvízelőkészítő rendszerek (eredő) fajlagos környezetszennyezési mértékét határozzuk meg.

Ezek ismeretében a műszakilag egyenértékű és közel azonos összköltségű eljárások közti gyors választás egy újabb tényező figyelembevételével válik könnyebbé.

## 2. Az ioncserélős műveleti elemek fajlagos környezetszennyezése

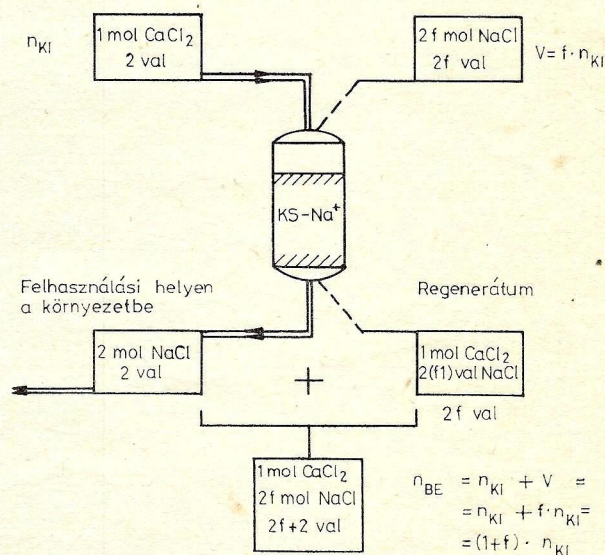
Az 1. ábrán egy Varion KS töltetű Na<sup>+</sup> ioncserélő műveleti elem viszonyait ábrázoltuk.

A környezetből kivett minden n<sub>KI</sub> = 1 mol = = 2 val keménységokozó sóra, pl. CaCl<sub>2</sub>-re a regenerálási mód függvényében V = 2 f mol = 2 f val NaCl vegyszerfelhasználás mutatkozik. Regeneráláskor a környezetbe távozik

$$n_{BE} = n_{KI} + f n_{KI} = n_{KI}(1 + f) \text{ ionmennyiség.}$$

A környezetszennyezés mértéke

$$K = n_{BE} - n_{KI} = f n_{KI} = V,$$



A környezetszennyezés

$$K = n_{BE} - n_{KI} = f \cdot n_{KI}$$

A fajlagos környezetszennyezés

$$k = \frac{K}{n_{KI}} = \frac{f \cdot n_{KI}}{n_{KI}} = f$$

[747-1]

1. ábra. Ioncserélős műveleti elem fajlagos környezetszennyezési mértéke

a fajlagos környezetszennyezés pedig.

$$k = K/n_{KI} = f \cdot n_{KI}/n_{KI} = f.$$

Az ioncserélős műveleti elemek fajlagos környezet-szennyezési mértéke éppen az eljárásnál alkalmazott vegyszerfeleslegtényező értékével egyezik meg.  $k = f$

Környezetszennyezési szempontból tehát a kis vegyszerfelesleggel regenerálható eljárásokat kell előnyben részesíteni, ezek:

- gyenge típusú ioncserélő anyagok (Varion KCO, ADA) felhasználása,
- takarékregenerálás (vegyszervisszaforgatás, ill. újrafelhasználás) alkalmazása,
- ellenirányú regenerálás számbavétele.

### 3. A fizikai elven működő műveleti elemek fajlagos környezetszennyezése

A fizikai elvű műveleti elemek, éppen azért, mert működésükhöz vegyi anyagot egyáltalán nem, vagy csak igen kis mértékben használnak, közel zérus környezetszennyezéssel működnek.

Ezek az eljárások:

Az ülepítés (Ü), a fizikai szűrés (FSZ, EMF is), az abszorpció (A), a hideg gáztalanítás (HG;  $\text{CO}_2 \uparrow$ ), a termikus gáztalanítás (TG;  $\text{CO}_2 \uparrow$ ,  $\text{O}_2 \uparrow$ ), az elgőzölttetés (EG), a fordított ozmózis (FC, Ultraszűrés is), az elektrodialízis (ED) stb.

Meg kell jegyezni, hogy néhány eljárás (mint pl. az elgőzölttetés, fordított ozmózis stb.) zérus környezetszennyezése látszólagos, hiszen a felhasznált vizet ezek működéséhez is valamilyen mértékben elő kell készíteni. A vízelőkészítő berendezéseknél pedig vegyszerfelhasználás mutatkozik. Az egész rendszer fajlagos környezetszennyezési mértéke emiatt természetesen zérusnál nagyobb.

### 4. A meszes előlágyítás fajlagos környezetszennyezési mértéke

A meszes előlágyító reaktorban lejátszódó speciális csapadékképző vegyi folyamatok és heterogén reakciók eredményeként megállapítható, hogy általában

$$f \neq k \neq \text{állandó}$$

Az  $f = \text{állandó}$  és  $k = \text{állandó}$  csak igen speciális esetekben áll fenn.

A meszes előlágyításnál alkalmazott vegyszerfelesleg, illetve a kialakuló fajlagos környezet-szennyezési mérték a nyersvíz eredeti összetételének (az ionok: Ca, Mg, m, ÖK, SZCO<sub>2</sub> arányának) erősebben függvénye, mint az ioncserélésnél.

Ezért a meszes előlágyítás folyamatait elkülönítve kell vizsgálnunk.

A gyakorlati tervezés során a legfontosabb befolyásoló tényezőket az alábbiak szerint vesszük figyelembe:

vizsgálják

- a nyersvíz eredeti összetételét (az ionok egymáshoz viszonyított arányát),
- a (részben tudatosan megválasztott) mészfelületet,
- a kezelendő víz szervesanyag-, ionos és kolloid kovásv-, valamint lebegőanyag-tartalmát és azok fajtáját,
- a víz hőmérsékletét, szabad CO<sub>2</sub> tartalmát stb.

A vegyi folyamatok lejátszódására alapvetően a nyersvíz alábbi jellemzői hatnak:

- m lúgosság,
- Ca és Mg tartalom és arány,
- szabad CO<sub>2</sub> (hőmérséklet).

A számítások könnyebbé tétele érdekében vesszük be az alábbi (diemenzió nélküli) fajlagos jelöléseket:

$$y = \text{Ca}/m \quad z = \text{ÖK}/m \\ \text{Mg} = \text{ÖK} - \text{Ca} = (z - y)m$$

Az ionok arányától függően három fontos víz-összetételt érdemes megkülönböztetni:

1.  $\text{KK} = m < \text{Ca} < \text{ÖK} = \text{KK} + \text{ÁK}$   
 $y = \text{Ca}/m > 1 \quad z = \text{ÖK}/m > 1 \quad z > y$   
 $Y_{\text{MAX}} = z \quad \text{ha } \text{Ca} = \text{ÖK}$   
(jelölések a 2. ábra alapján)
2.  $\text{KK} + \text{ÁK} = \text{ÖK} > m \geq \text{Ca}$   
 $y = \text{Ca}/m \geq 1 \quad z = \text{ÖK}/m \geq 1$   
 $y_{\text{MAX}} = 1 \quad \text{ha } \text{Ca} = m$   
 $0 < y < 1 \quad z > 1$
3.  $\text{KK} + \text{SZIK} + m > \text{ÖK} = \text{KK} \geq \text{Ca}$   
 $y = \text{Ca}/m < 1 \quad z = \text{ÖK}/m < 1$   
 $y_{\text{MAX}} = 0 \quad 0 < y \leq z$

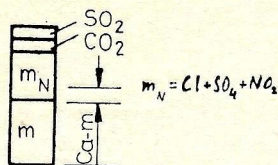
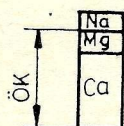
A fenti tényezőkkel jellemzett vizekben lévő vegyületek fajtáját és mennyiségét mutatja az 1. és 2. táblázat.

A meszes előlágyítás fajlagos vegyszerfelhasználásának és környezetszennyezési mértékének számított jellemzői a 3. és 4. ábrán láthatók.

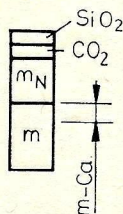
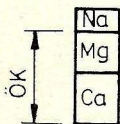
A meszes előlágyítás viszonyait elemezve az alábbi megállapítások tehetők:

- nagy Ca tartalmú nyersvizek ( $\text{Ca} > m$ ) feldolgozása meszes előlágyító reaktorban kedvező környezetszennyezés mellett hajtható végre, hiszen a fajlagos környezetszennyezési mérték ez esetben a sztöchiometrikus és egységnyi vegyszerfelesleg tényező alatt van, tehát  $1 = f > k = f(m)$ ;

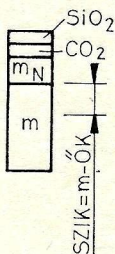
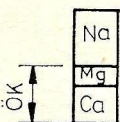
1.)  $m < Ca$



2.)  $Ca \leq m < \text{ÖK}$



3.)  $\text{ÖK} = KK > m$



Ionarányok

$$y = \frac{Ca}{m} \quad z = \frac{\text{ÖK}}{m}$$

$$Mg = \text{ÖK} - Ca = (z - y) \cdot m$$

$$TCO_2 = K_T \cdot Ca \cdot m^2 = K_T \cdot y \cdot m^3$$

747-2

2. ábra. Különbéféle összetételű nyersvizek ionarányai

— az MG-tartalom növekedésével a vegyszerfelesleg tényező és a fajlagos környezetszennyezési mérték is növekszik, tehát a meszes előlágyító környezetbarát jellege egyre inkább eltűnik;

— szikes vizek előkészítésénél, ha a víz további feldolgozása  $KS-Na^+$  ioncserélőn történik, akkor a tápvíz túlzott lúgosságának elkerülése érdekében a reakciót csak a  $Na_2CO_3$  képződéséig célszerű végrehajtani. Ezzel szemben teljes sótalanítás esetén a Mg ionok minél tökéletesebb eltávolítása és az anioncserélők terhelésének csökkentése érdekében a NaOH-képződést kell előirányozni. Ennek megfelelően szikes vizeket lágyító reaktorok üzemirányításának

$$\begin{aligned} Na_2CO_3 \text{ képződéséig} & \quad 2p - m = \pm 0,1 \\ NaOH \text{ képződésnél} & \quad 2p - m = SZIK \pm 0,1 \end{aligned}$$

alapján kell történnie. Kis Ca tartalmú szikes víz meszes előlágyítóban való feldolgozása környezetvédelmi szempontból nem ajánlatos. A kémiai vízkezelő műveleti elemek környezetszennyezésének összefoglaló sémája az 5. ábrán látható.

### 5. Póttápvizelőkészítő rendszerek fajlagos környezetszennyezési mértékének számítása

A teljes vízkezelő rendszer környezetszennyezésének megítéléséhez az előzőekben felsorolt, de az adott esetben konkrétan alkalmazott valamennyi fizikai és kémiai elvű műveleti elem környezetszennyezését számításba kell venni. Az elemeket a nyersvíz kivételétől a hulladékvíz élővízbe (csatornába) engedéséig kell a vizsgálat tárgyába bevonni.

Az egész rendszer környezetszennyezése:

$$K_R = \sum K_i = \sum n_{BE,i} - \sum n_{KI,i}$$

A rendszer fajlagos környezetszennyezési mértéke pedig

$$k_R = \frac{K_R}{n_{KI,i}} = \frac{\sum K_i}{\sum n_{KI,i}}$$

Különbéféle összetételű vizekben lévő vegyületek fajtája és azok mennyisége

I. táblázat

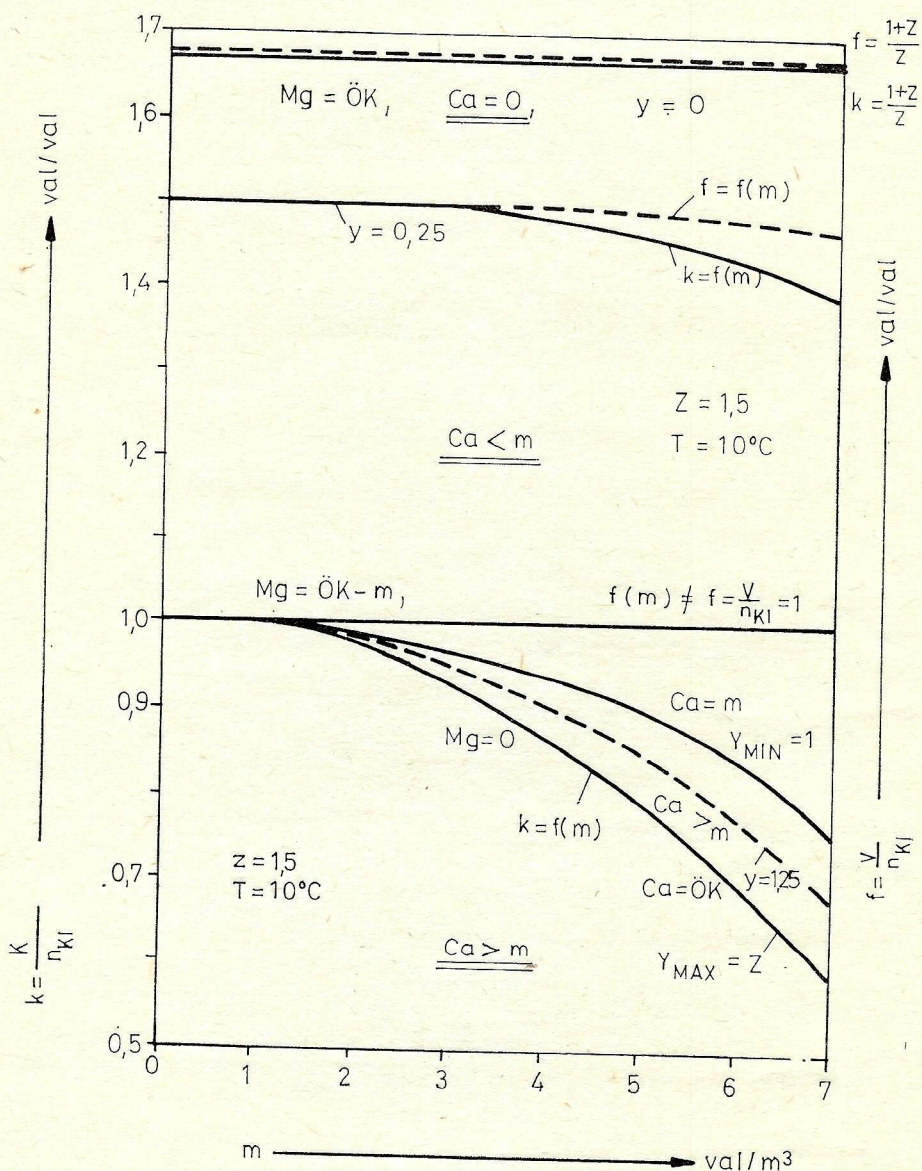
Vegyületfajta	Eset		
	$Ca > m$	$\text{ÖK} < m < Ca$	$\text{ÖK} < m$
$Ca(HCO_3)_2$	m	Ca	Ca
$Mg(HCO_3)_2$	O	$m - Ca$	$\text{ÖK} - Ca$
$CaCl_2, SO_4, (NO_3)_2$	$Ca - m$	O	O
$MgCl_2, SO_4, (NO_3)_2$	$\text{ÖK} - Ca$	$\text{ÖK} - m$	O
$Na_2SO_4, Cl, NO_3$	$\text{ÖS} - \text{ÖK}$	$\text{ÖS} - \text{ÖK}$	$\text{ÖS} - \text{ÖK}$
SZCO <sub>2</sub>	$2 P_{NEG}$	$2 P_{NEG}$	$2 P_{NEG}$
TCO <sub>2</sub>	$K_T Ca m^2$	$K_T Ca m^2$	$K_T Ca m^2$

ÖS = a víz összes sótartalma

SZCO<sub>2</sub> = szabad CO<sub>2</sub>

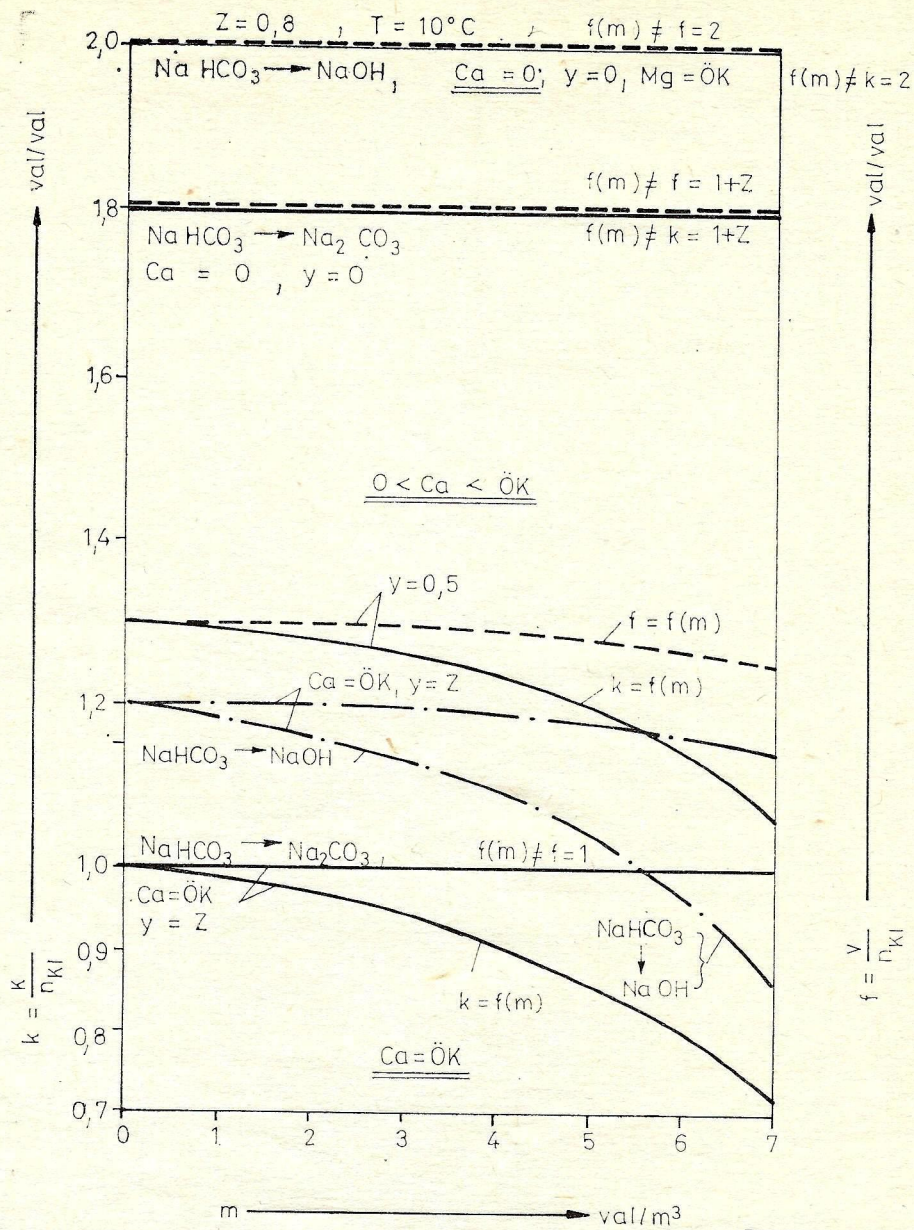
TCO<sub>2</sub> = tartozékos CO<sub>2</sub> tartalom

Vegyületek	Eset		
	$n < Ca$	$m \geq Ca$	$m \geq \ddot{O}K$
$Ca(HCO_3)_2$ $Mg(HCO_3)_2$ $CaCl_2, SO_4, (NO_3)_2$ $MgCl_2, SO_4, (NO_3)_2$ $Na_2SO_4, Cl, NO_3$ $SZCO_2$ Értelmezési tart.	$m$ $O$ $(y-1) m$ $(z-y) m$ $\ddot{O}S-\ddot{O}K$ $2 P_{NEG}$ $1 < y < z > 1$	$y < m$ $(1-y) m$ $O$ $(z-1) m$ $\ddot{O}S-\ddot{O}K$ $2 P_{NEG}$ $z > 1$ $O < y \leq 1$	$y < m$ $(zyy) m$ $O$ $O$ $\ddot{O}S-\ddot{O}K$ $2 P_{NEG}$ $O < y < z \leq 1$
Minimális	$y_{MIN} = 1$ $Ca = m$	$y_{MIN} = O$ $Ca - O$	$y_{MIN} = O$ $Ca > O$
Maximális	$y_{MAX} = z$ $Ca = \ddot{O}K$	$y_{MAX} = 1$ $Ca = m$	$y_{MAX} = z$ $Ca = KK$



3. ábra. Meszes előlágnyítás vegyszerfelesleg tényezője és fajlagos környezetszennyezése  $m < \ddot{O}K$  esetén

747-3



4. ábra. Szikes vizek meszes előlagytásának vegyszerfelesleg tényezője és fajlagos környezetszennyezése

Ellenőrzésül szolgálhat a  $k_R = \frac{\sum n_{BE, i}}{\sum n_{KI, i}} - 1$  összefüggés.

A vízkezelő rendszer teljes vegyszerfogyasztása:

$$\begin{aligned} V_R &= \sum v_i + V_s \\ \sum v_i &= \sum f_i \cdot n_{KI, i} \end{aligned}$$

Itt  $V_s$  = a semlegesítőnél felhasznált vegyszer (lúg, ill. sav) mennyisége, ami az egyes műveleti elemek regenerátumaiban lévő vegyszerfelesleg előjeles összege, tehát

$$v_s = \sum F_i = \sum (f_i - 1) n_{KI, i}$$

A rendszer fajlagos vegyszerfelesleg tényezője pedig:

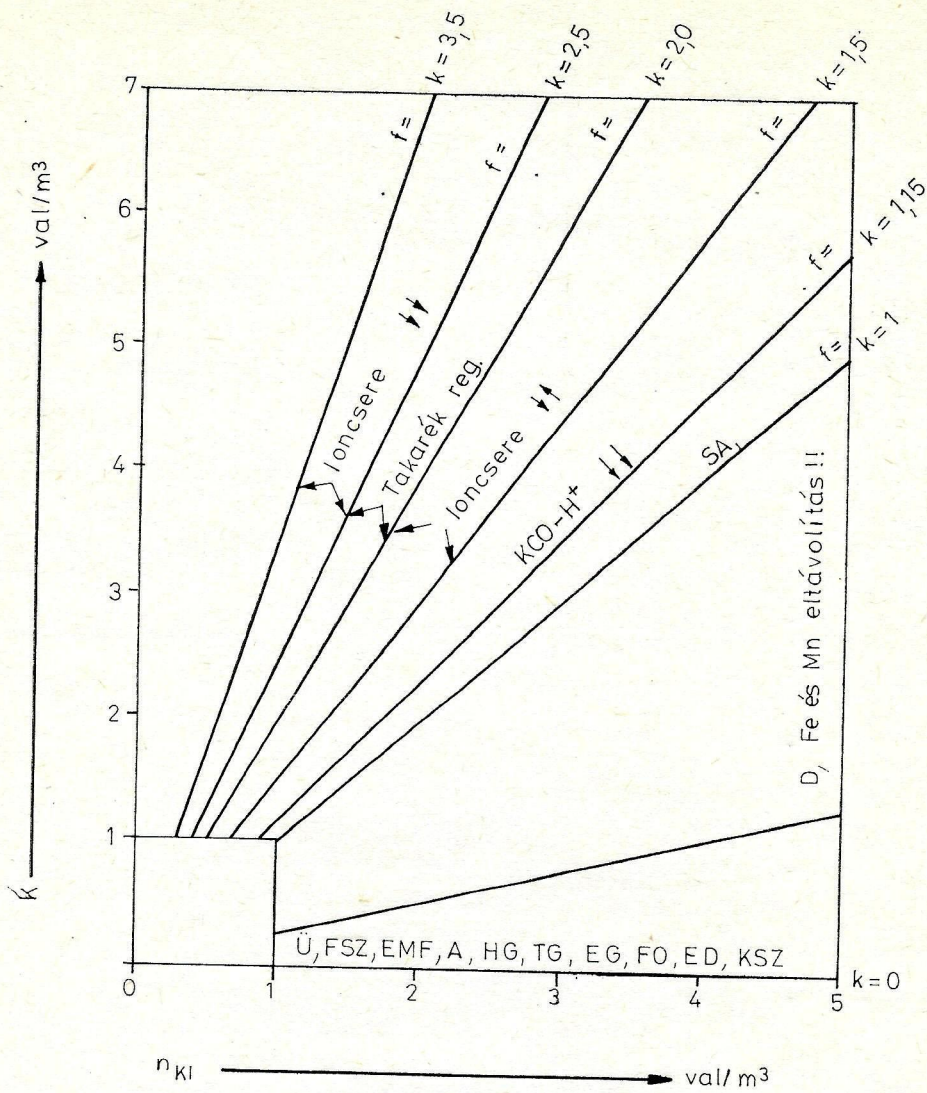
$$f_R = \frac{V_R}{\sum n_{KI, i}} = \frac{\sum V_i + V_s}{\sum n_{KI, i}}$$

A rendszer vizsgálatába tehát a semlegesítő műveleti elemet is be kell vonni.

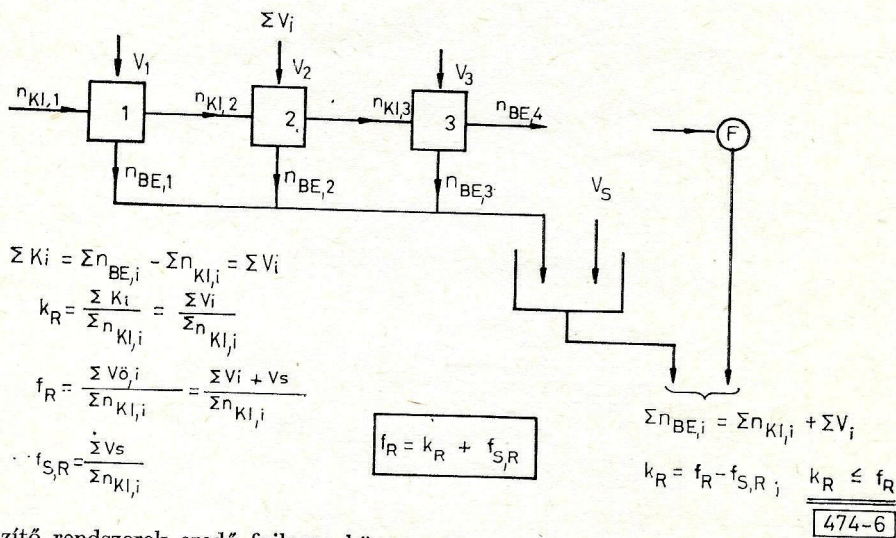
Meszes előlagytás és egyéb, pl. kémiai szűrés alkalmazásakor általában.

$$f_R \neq k_R < f_R \text{ és } f_R = k_R + f_s$$

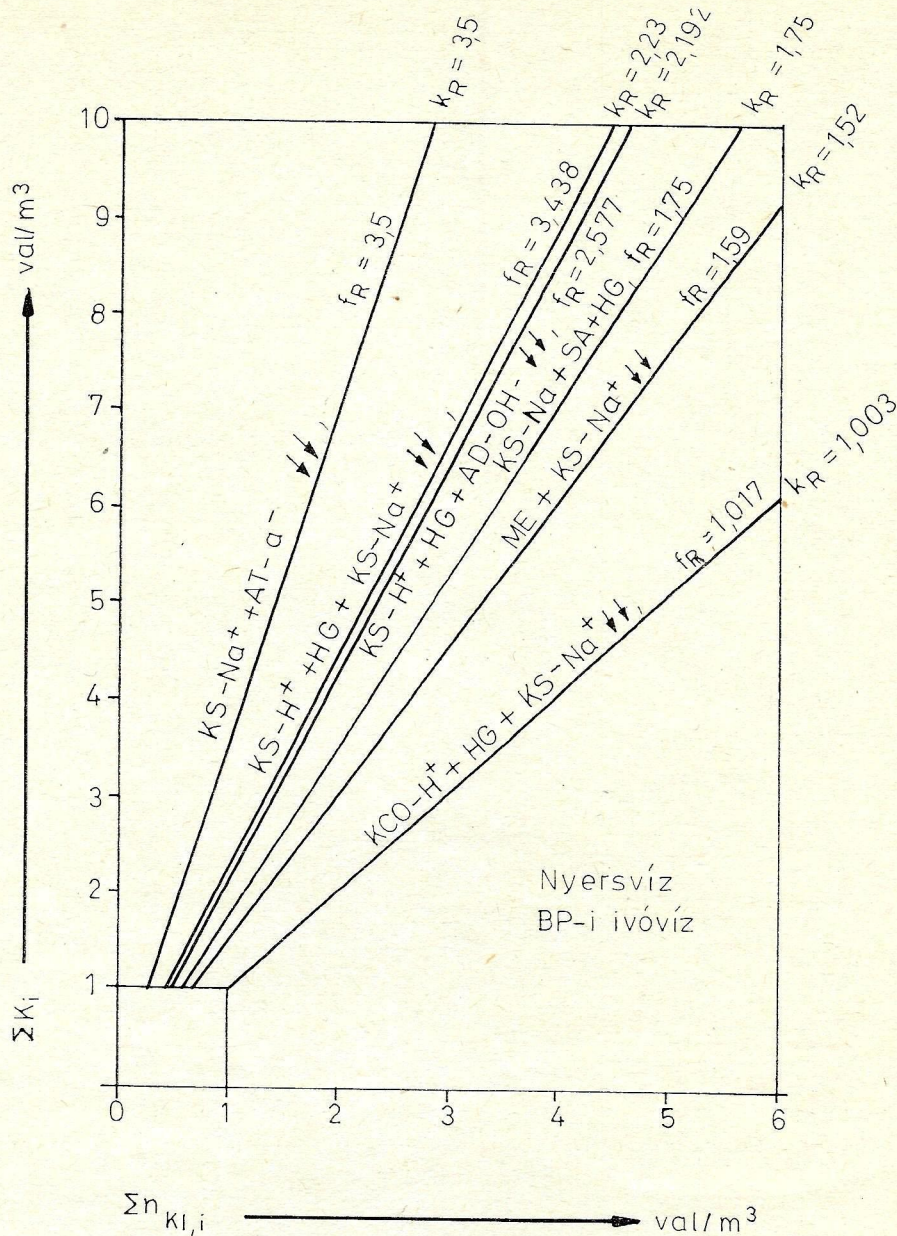
A rendszer számítási eljárását a 6. ábrán állítottuk össze.



5. ábra. Vízezelő elemek környezetszennyezésének összefoglaló ábrája



6. ábra. Vízelőkészítő rendszerek eredő fajlagos környezetszennyezése és vegyszerfelesleg tényezője



747-7

7. ábra. Dekarbonizáló rendszerek környezetszennyezése

A dekarbonizáló rendszerek környezetszennyezési mértékét a 7. ábra, a teljes sótalanító rendszerek környezetszennyezési mértékét pedig a 8. ábra mutatja.

## 6. Összefoglalás

A tanulmányban, a teljesség igénye nélkül, pót-tápvíz-előkészítő rendszerek környezetszennyezési mértékét vizsgáltam.

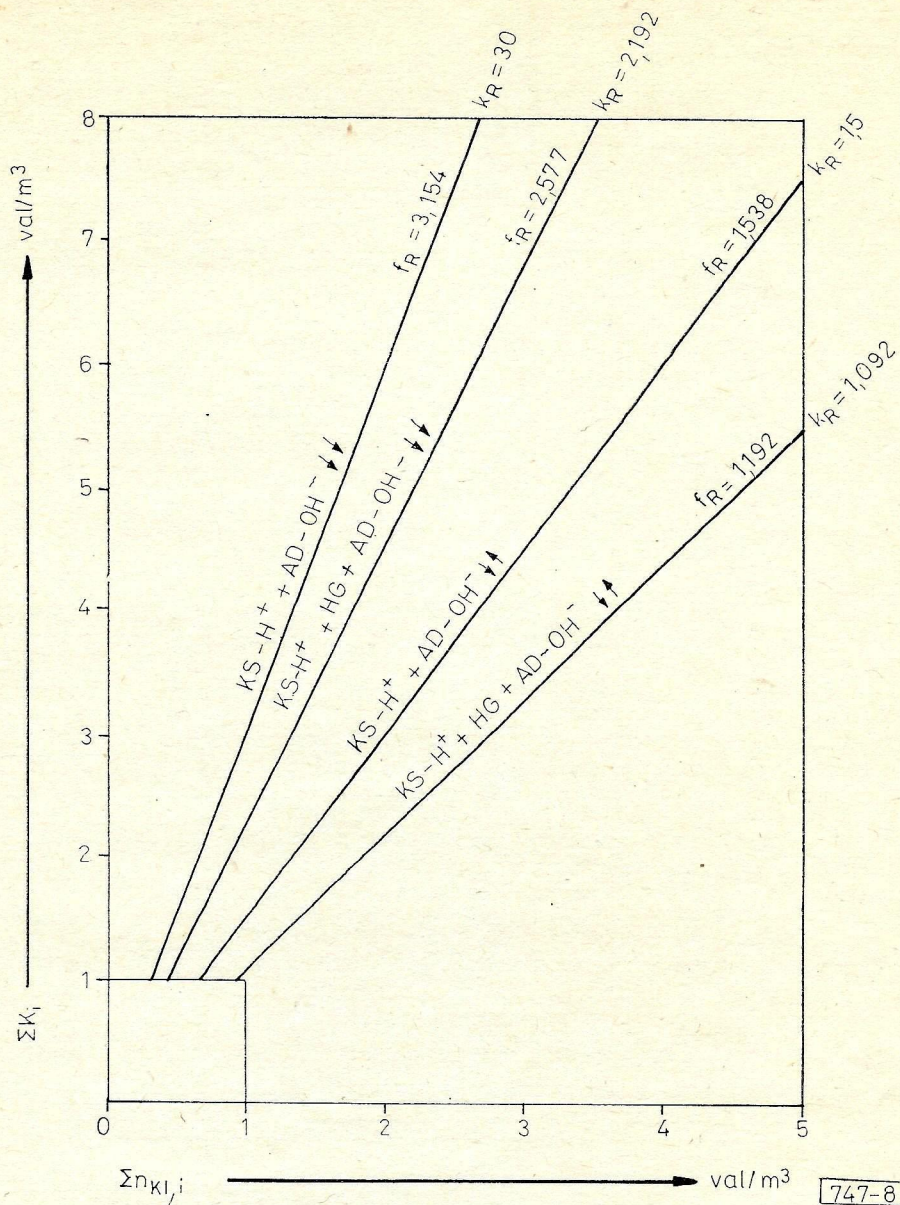
Általánosan használható összefüggések segít-

ségével a különböző (fizikai és vegyi műveleti elemekből álló) vízkezelő kapcsolások fajlagos környezetszennyezési mértéke analitikus úton vizsgálható.

A számítási eljárás módot nyújt e problémakör számítógépes feldolgozására.

A bemutatott példák elsősorban a tervezés időszakában nyújtanak segítséget ahhoz, hogy környezetkímélőbb vegyi vízelőkészítő rendszerek létesüljenek.

Néhány hasznos információ azonban az üzemeltetés részére is kiolvasható. Ilyenek például:



8. ábra. Teljes sótalanító rendszerek környezetszennyezése

- a meglévő technológián belül a mosóvizek, regenerátumok megfelelő hányadának gyűjtése és újrafelhasználása javítja a környezetszennyezési mértéket;
- meglévő berendezések vízelosztásának javításával, az áramlási holtterek megszüntetésével úgy csökkenthető a környezetszennyezés, hogy egyben a kevesebb vegyszerfelhasználás miatt javul a gazdaságosság;

— derítőberendezéseknél a vegyszertüladagolás helyett, adott esetben pl. hulladékhő felhasználásával a víz viszkozitásának csökkentése révén, jelentős ülepítési hatásfokjavulás érhető el stb.

#### IRODALOM

- [1] *Hilt László*: Erőművi vízkezelő berendezések létesítésének néhány kérdése. *Energiagazdálkodás*, 1980. I—II.
- [2] *Mack Péter*: Erőművi és ipari vízelőkészítő berendezések hatása az élővizekre vízminőségi szempontból. *Energia és Atomtechnika*, 1977. I.

#### FELHÍVÁS A CIKKEK SZERZŐIHEZ!

Felkérjük a cikkek T. Szerzőit, hogy a lap megjelenése után, lehetőleg egy héten belül szíveskedjenek a cikkek-ről készített különlevonatokat az ETE titkárságán átvenni. (1055 Budapest. Kossuth Lajos tér 6. I. em. Telefon: 532-751. Ügyintéző: Demeter Zsuzsa)