

7. VÍZKEZELŐ HÁLÓZATOK

7.1. A vízkezelő hálózatok szintézisének feladata

Bonyolult vegyi üzemekben, komplexekben sok, különböző helyen keletkezik szennyvíz, általában különböző mértékű szennyezettséggel. Ezeket a szennyvizet kibocsátás előtt kezelni kell. A kezelés többnyire mechanikai és kémiai előkezelésből, biológiai kezeléssel és utótisztításból áll. E folyamatok tárgyalása nem e jegyzet feladata. Mindenesetre a következőket kell figyelembe venni:

1. Az egyes kezelési műveletek vagy folyamatok egymást követik, és e sorban a szennyezettség mértéke csökken.

2. A kezelési folyamatokban többnyire elő van írva a maximális belépési koncentráció, mely fölött az eljárás nem működik, és a minimális kilépési koncentráció, melynél tisztább vizet az eljárással nem lehet előállítani (**1. ábra**). E korlátok betartása mellett azonban a két koncentráció folytonosan vagy lépcsőszerűen változhat.



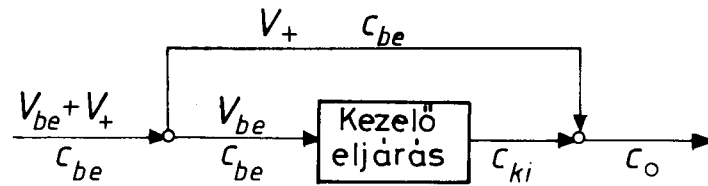
$$C_{be} \leq C_{be, max}$$

$$C_{ki} \geq C_{ki, min}$$

7.1. ábra

3. A tisztítási feladat az adott C_0 koncentráció elérése. Ha ez a koncentráció lényegesen nagyobb, mint ami a felhasznált eljárással elérhető, akkor esetenként gazdaságos lehet a szennyvíznek csak egy részét erősen megtisztítani, s a másik részével a kezelési folyamatot megkerülni, a **2. ábra** szerint. Ezáltal a kezelő berendezésbe táplált szennyvíz árama csökken.

$$V_{be} = \frac{m}{C_{be} - C_{ki}}$$



7.2. ábra

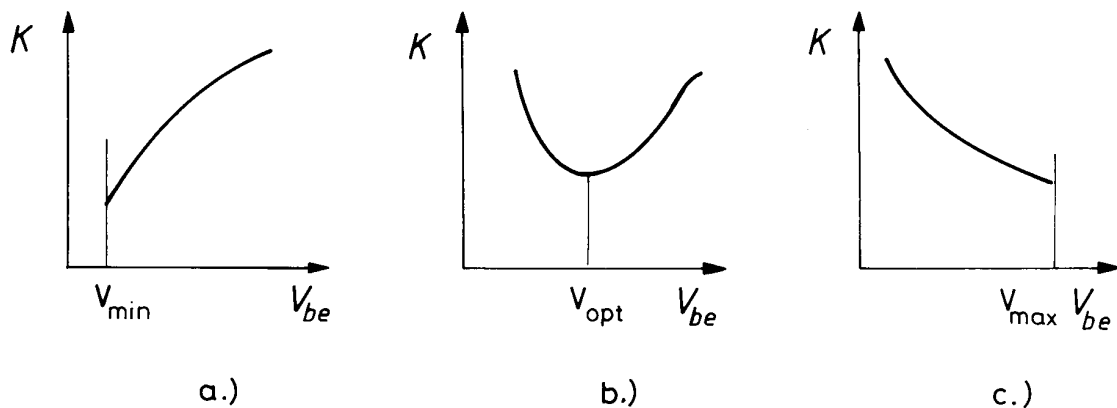
4. A szennyvízkezelés éves költsége a be- és kilépési koncentrációk és a kezelőbe táplált szennyvíz-áram függvénye. A kilépő vízáram eltérhet a belépőtől.

$$K = f_{ccv}(C_{be}, C_{ki}, V_{be})$$

A megkerülő eljárások bevezetésével rögzítjük a be- és kilépési koncentrációkat, s így a költség csak a feldolgozott áram függvénye. Ha adott az eltávolítandó szennyezés m mennyisége, akkor a koncentráció változása a tápáram mennyiségének függvénye. Így a költség felírható pusztán a tápáram függvényében:

$$K = f_v(V_{be})$$

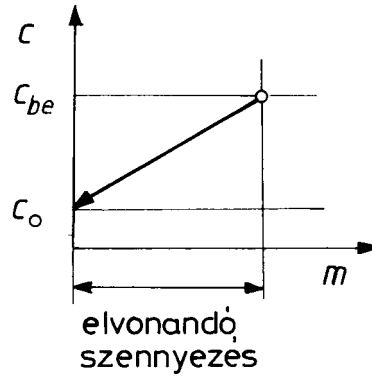
5. A kezelési eljárások éves költsége a belépő vízáram függvényében az eljárás típusától függően változatos alakú lehet. Lehet növekvő, csökkenő, vagy minimumon áthaladó is (3. ábra).



7.3. ábra

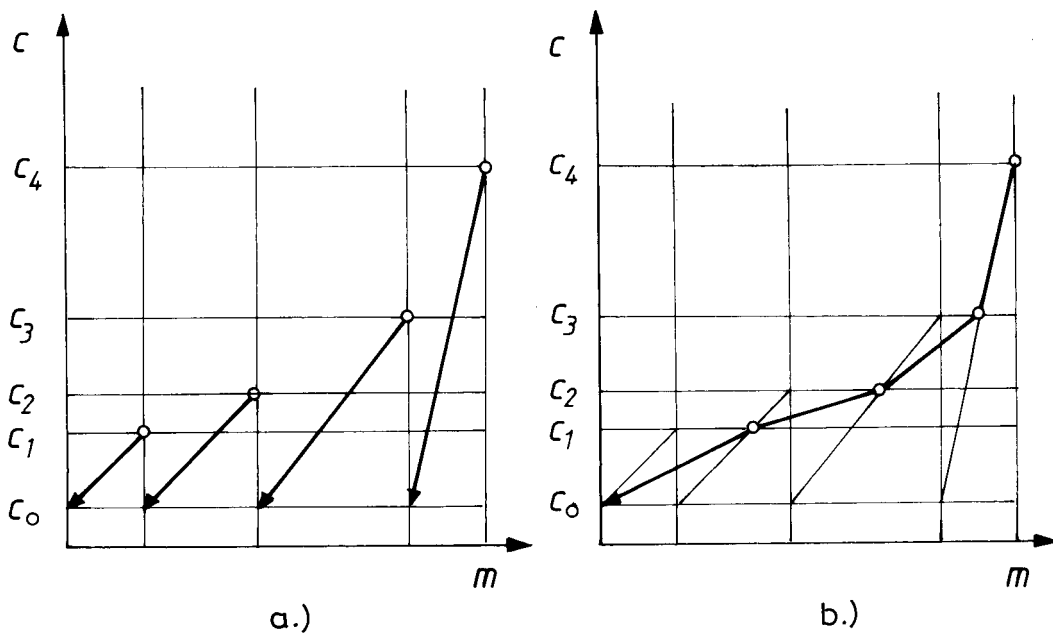
Az egyes helyeken képződő szennyvizet tetszés szerint egyesíthetjük és együttesen kezelhetjük, vagy a szennyvízkezelő rendszer különböző pontjaihoz vezethetjük. Alkalmazhatunk megkerüléseket, elágaztatásokat. Feladatunk az, hogy a költségfüggvények és a korlátozások ismeretében minimális költségű szennyvízkezelő hálózatot jelöljünk ki.

7.2. Egyetlen kezelési eljárás és a pinch



7.4. ábra

Egyetlen szennyvíz-áram tisztítási feladatát C - m diagramon a **4. ábra** szerint ábrázolhatjuk. A vonal vetülete arányos az eltávolítandó mennyiséggel, meredeksége fordítva arányos a víz áramával. Több ilyen áram vonalát az **5/a. ábra** szerint egymás mellé rajzolva a már ismert módon szerkeszthetjük meg az összetett szennyvíz-vonalat, amit az **5/b. ábra** mutat.

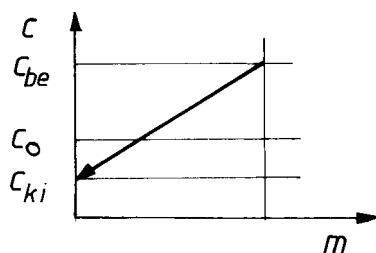


7.5. ábra

Az **1. ábra** szerinti vízkezelő eljárást ugyanígy ábrázolhatjuk C - m diagramon, ezt mutatja a **6. ábra**. A C_{ki} végkoncentráció célszerűen kisebb az elérendő C_0 koncentrációnál, vagyis a szennyvizeknek csak egy részét vezetjük a kezelőbe, majd a

7. fejezet: Vízkezelő hálózatok

tisztított vizet a tisztítatlannal elkeverve kapjuk a kívánt C_0 koncentrációjú, kibocsátható terméket.



7.6. ábra

Adott V áram mellett minél nagyobbak a koncentrációk, annál kisebb a költség. Ezért minimális költséget adott áram, vagyis adott meredekség mellett úgy kapunk, hogy a vízkezelő vonalát egészen az összetett vonalig, vagyis pinch helyzetbe toljuk fel (7/a. ábra). Ha a vonalat ennél följebb emelnénk, vagyis azonos feldolgozási arány mellett magasabb koncentrációkkal dolgoznánk (7/b. ábra), akkor a keverés után nem érnék el a kívánt C_0 koncentrációt.

Hogy ezt belássuk, tekintsük az **1. Táblázat** adatait.

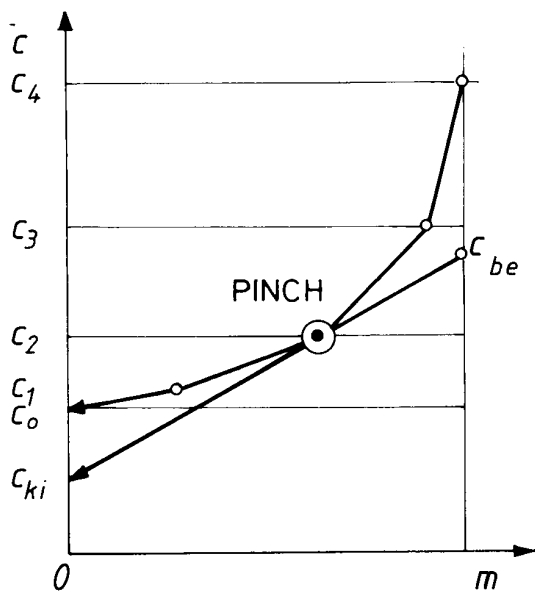
1. Táblázat: Két vízáram

áram	C_{be} (ppm)	V (t/h)
1	100	100
2	200	50

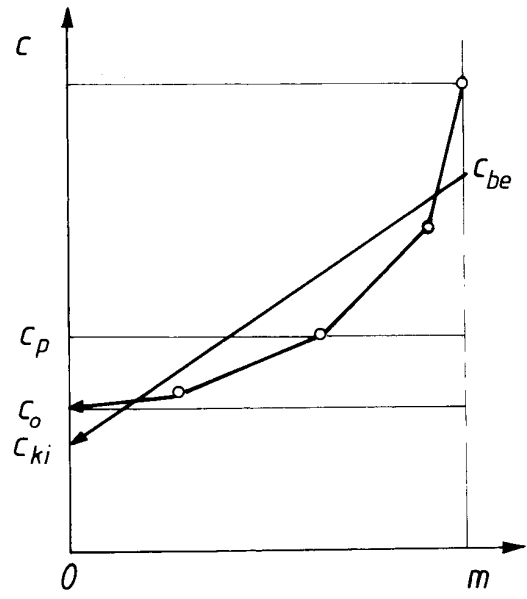
A környezetvédelmi előírás $C_0=50$ ppm. Így az 1. áramból elvonandó 5 kg/h szennyezés, a 2. áramból pedig 7.5 kg/h, összesen tehát 12.5 kg/h. A **8/a. ábra** mutatja az egyes vonalakat, a **8/b. ábra** az összetett vonalat. Ha a két áramot egyesítjük, akkor az egyesített áram koncentrációja 133.333 ppm. Ezt a pontot a legalsó szakasz meghosszabbításával metszhetjük ki a 12.5 kg/h értékre emelt merőlegesből (**8/c. ábra**). Ha a 2. áramhoz az 1. áramnak csak egy részét, pl. x t/h-át keverünk hozzá, a maradék $100-x$ t/h árammal pedig megkerüljük a kezelőt, akkor az elegy koncentrációja 200 ppm alatt és 133.333 ppm fölött lesz, mennyisége pedig nem 150 t/h, hanem $50+x$ t/h (**8/d. ábra**). Könnyen kiszámítható, milyen C_{ki} koncentrációt kapunk, ha ebből az elegyből elvonunk 12.5 kg/h szennyezést.

Most azonban először arra vagyunk kíváncsiak, milyen koncentrációt érünk el az első 5 kg/h szennyezés elvonása után, vagyis az $m=7.5$ kg/h értéknél. A kezelőbe táplált elegy koncentrációja:

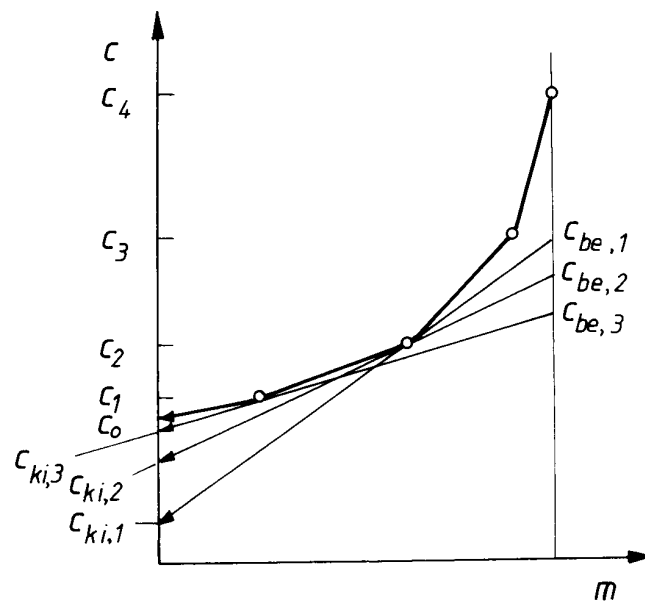
$$C_{be} = \frac{50 \cdot 200 + x \cdot 100}{50 + x}$$



a.)



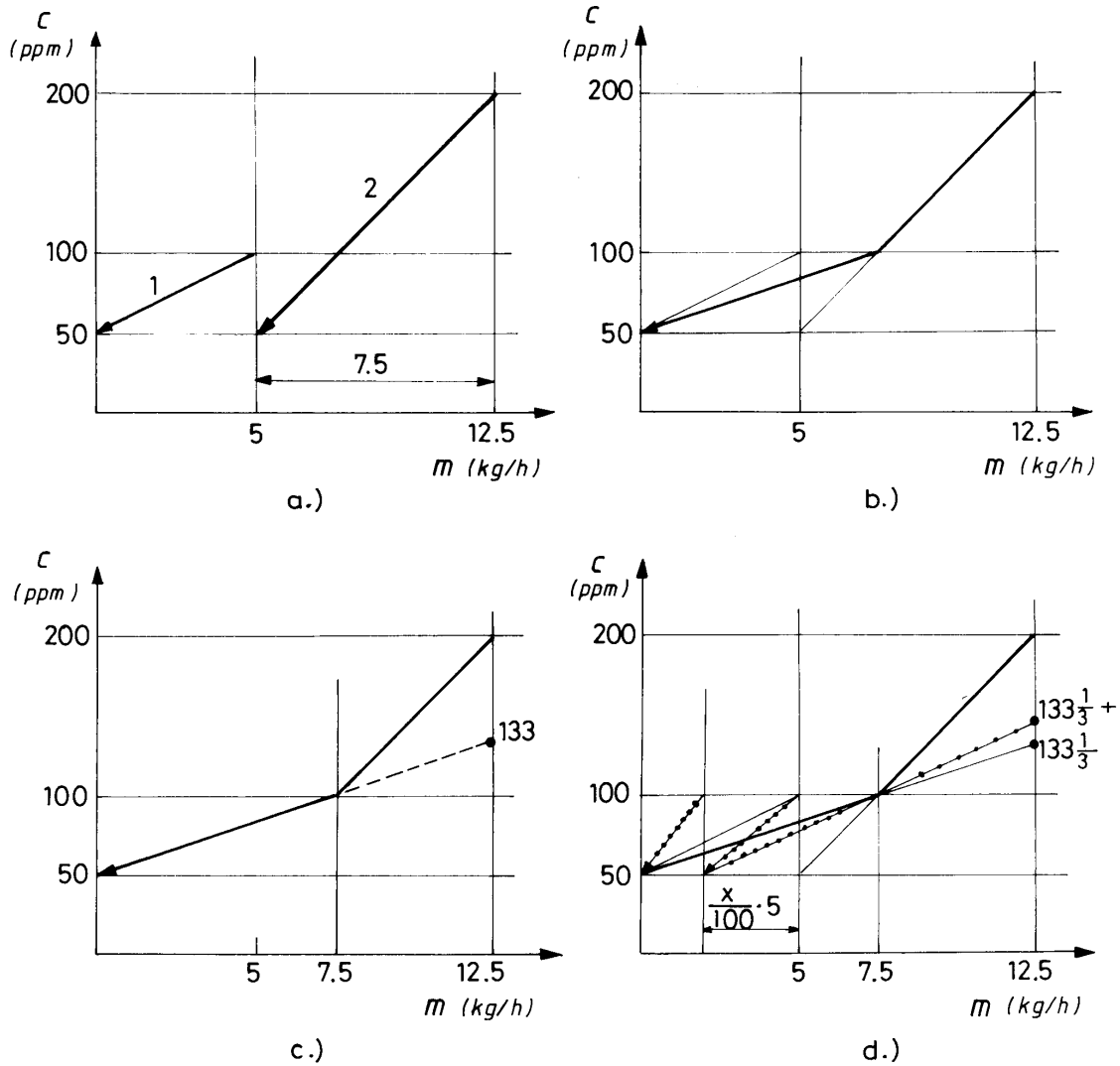
b.)



c.)

7.7. ábra

7. fejezet: Vízkezelő hálózatok



7.8. ábra

Jelöljük $C_{7.5}$ -tel az 5 kg/h elvonása után kapott koncentrációt, ekkor az elvont szennyezésre vonatkozó mérleg szerint:

$$5 = \frac{(C_{be} - C_{7.5}) \cdot (50 + x)}{1000},$$

ahol az 1000 osztó a ppm, t, és kg közti váltószám. Innen

$$C_{7.5} = 100 \frac{50 + x}{50 + x} \equiv 100 \text{ ppm},$$

vagyis az ilyen keveréssel kapott elegy tisztítási vonala mindig átmegy a (7.5, 100) ponton. Mivel a legkisebb belépési összetétel 133.333 ppm, a kezelési vonal soha nem metszi, hanem mindig csak érinti az igények összetett vonalát. Ha a 2. áramnak is csak egy részét használjuk fel, akkor a belépési koncentrációk minimuma és maximuma is

lejjebb kerül, viszont a kezelési vonal nem is érinti az igények összetett vonalát. Ez a levezetés általában is érvényes, az elérhető koncentrációk maximumát a pinch korlátozza.

Láttuk, hogy különböző keverési és megkerülési arányok mellett a kezelési vonal meredeksége változik, a pinch körül elfordul. Ennek is korlátot szabhat:

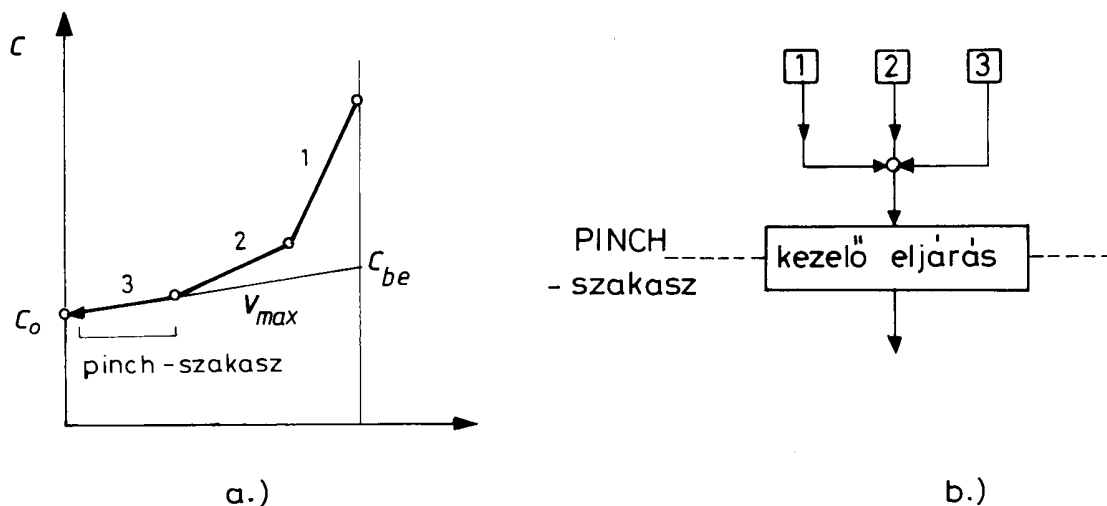
1. A fent kifejtett keverési (anyagmérleg) korlát.
2. A kezelési eljárás minimális kilépő koncentrációja, $C_{ki,min}$.
3. A kezelési eljárás maximális belépő koncentrációja, $C_{be,max}$.

E korlátok között a meredekség szabadon változhat, a **8/e. ábra** szerint.

7.3. Pinch szabályok

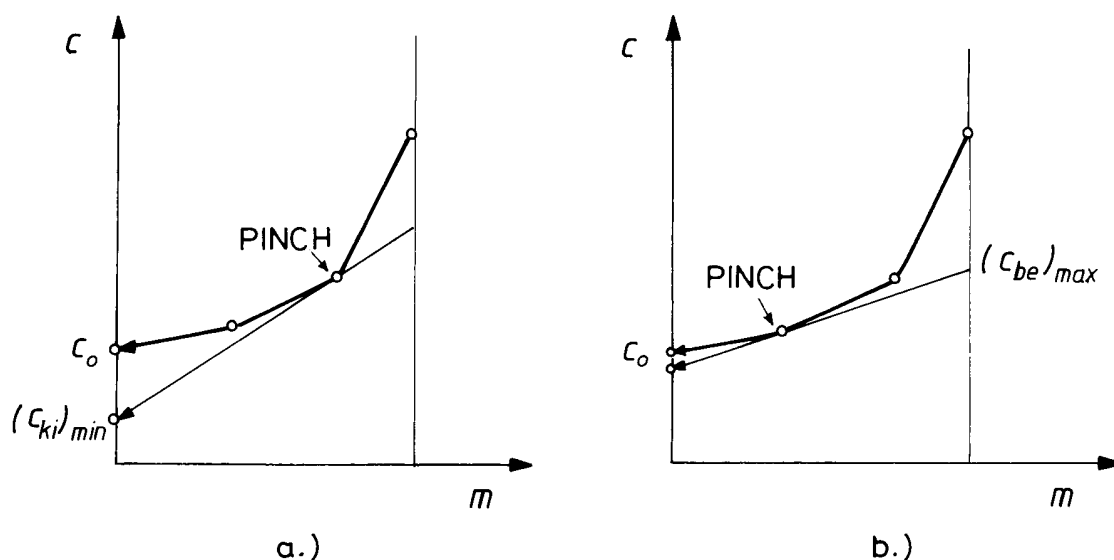
Az optimális tervezés a célfüggvény alakjától függ.

Ha a költség a vízárammal csökken, akkor maximális feldolgozott vízáramra, vagyis minimális, azaz nulla megkerülésre törekszünk. Ekkor a feldolgozás vonalát az összetett igény vonalának legalsó szakasza, illetve annak meredeksége határozza meg. Ezt mutatja a **9/a. ábra**. Ezt technikailag úgy érjük el, hogy az összes áramot elegyítjük, és a kezelőbe vezetjük, a **9/b. ábra** szerint. Az elegy koncentrációja általában a pinch fölött lesz.



7.9. ábra

Ha a költség a vízárammal nő (**3/a. ábra**), akkor minimális feldolgozott vízáramra, vagyis maximális megkerülésre törekszünk. Ehhez a legmeredekebb kezelési vonal tartozik. Ezt vagy a minimális kilépési koncentráció (**10/a. ábra**), vagy a maximális belépési koncentráció (**10/b. ábra**) szabja meg. Ekkor a tervezéshez meg kell különböztetnünk a pinch fölötti, pinchről induló, és pinch alatti áramokat.



7.10. ábra

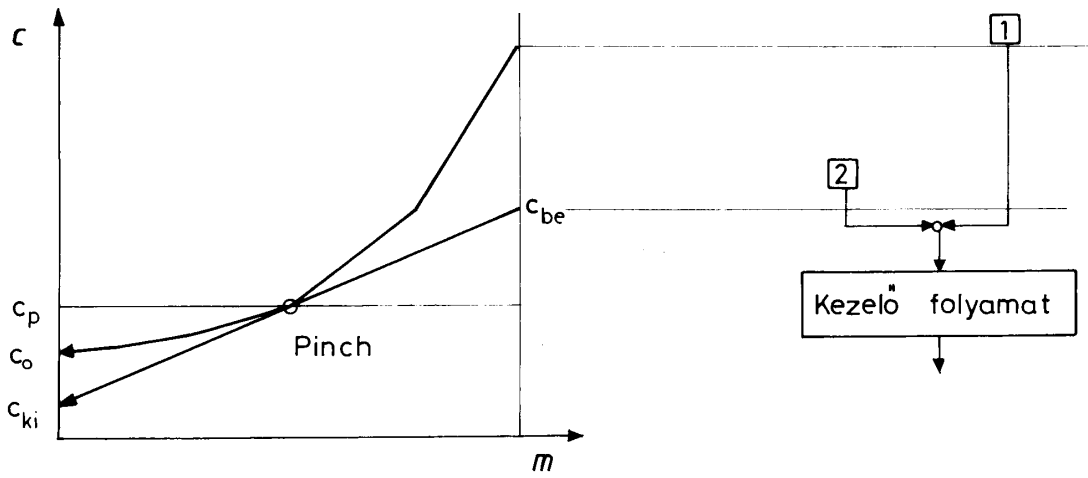
A pinch fölötti kezdő-koncentrációjú áramokat maradéktalanul a kezelőbe vezetjük (**11/a. ábra**). Ellenkező esetben a megkerülés miatt a a feldolgozott áram növekszik, és nem lesz minimális. A pinch alatti koncentrációról induló áramokkal teljesen megkerüljük a kezelőt (**11/b. ábra**), ezek kezelése ugyanis nem szükséges. A kívánt szennyezés elvonásához éppen elegendő a pinch fölötti áramok feldolgozása, és az éppen pinchről induló áramok egy részének feldolgozása. Az éppen pinchről induló áramok egy részével megkerültetjük a kezelőt, a másik részét pedig a kezelőbe vezetjük (**11/c. ábra**). A kezelési arányt a szennyező anyag mérlege szabja meg.

Ha költség a vízáram függvényében minimumon megy át, akkor az optimális kezelési vonal a két szélső érték közt helyezkedik el (**12. ábra**). Ebben az esetben ugyanazt az eljárást követhetjük, mint a minimális áramnál, csak a pinch áramok feldolgozási arányát döntési változónak tekintjük, és optimalizálunk.

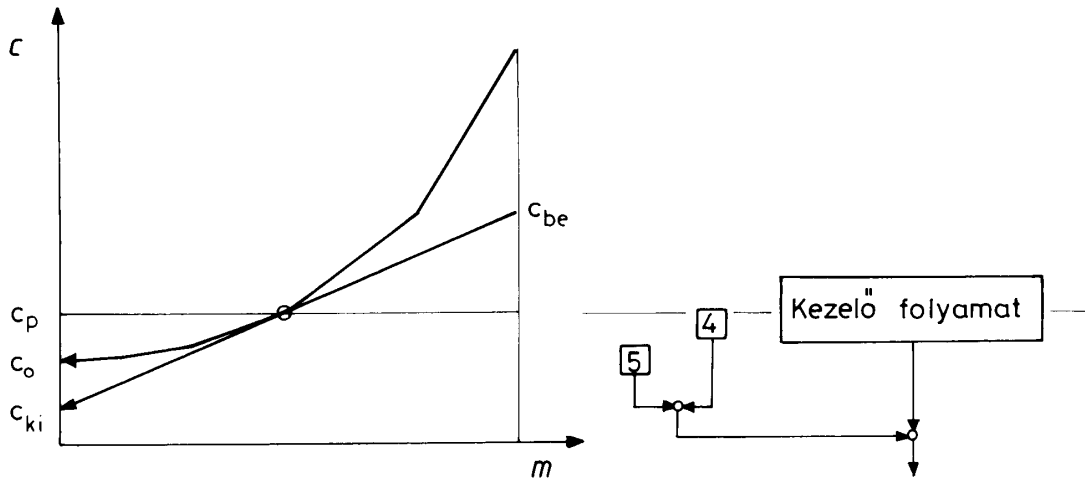
Összefoglalva (**13. ábra**):

1. A pinch fölött induló áramokat kezeljük.
2. A pinch alatt induló áramokat nem kezeljük.
3. A pinchről induló áramokat részben kezeljük.

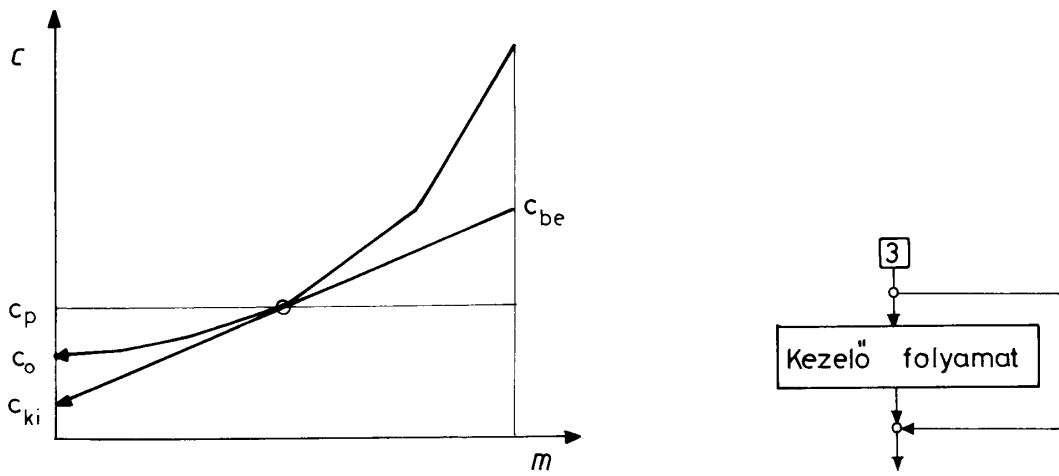
7. fejezet: Vízkezelő hálózatok



a.)

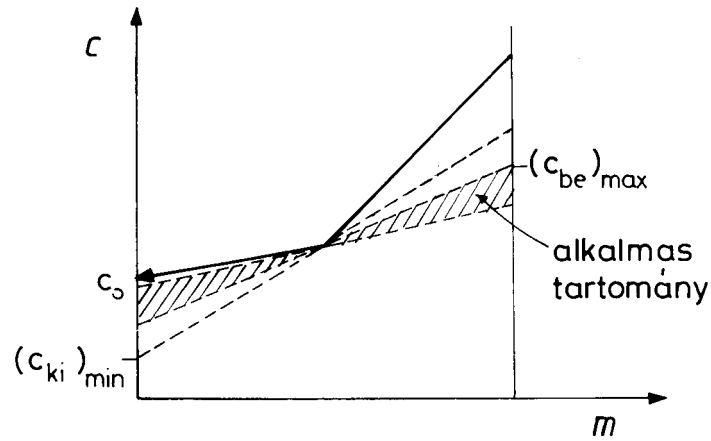


b.)

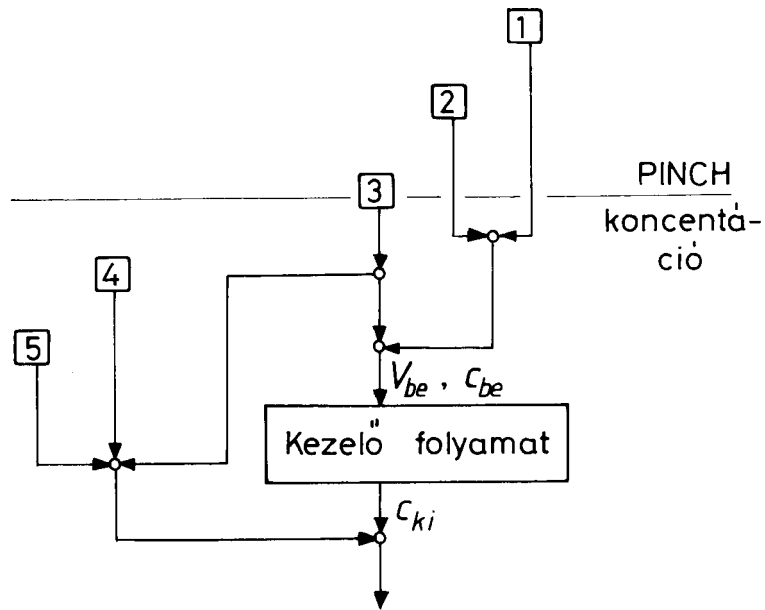


c.)

7.11. ábra



7.12. ábra



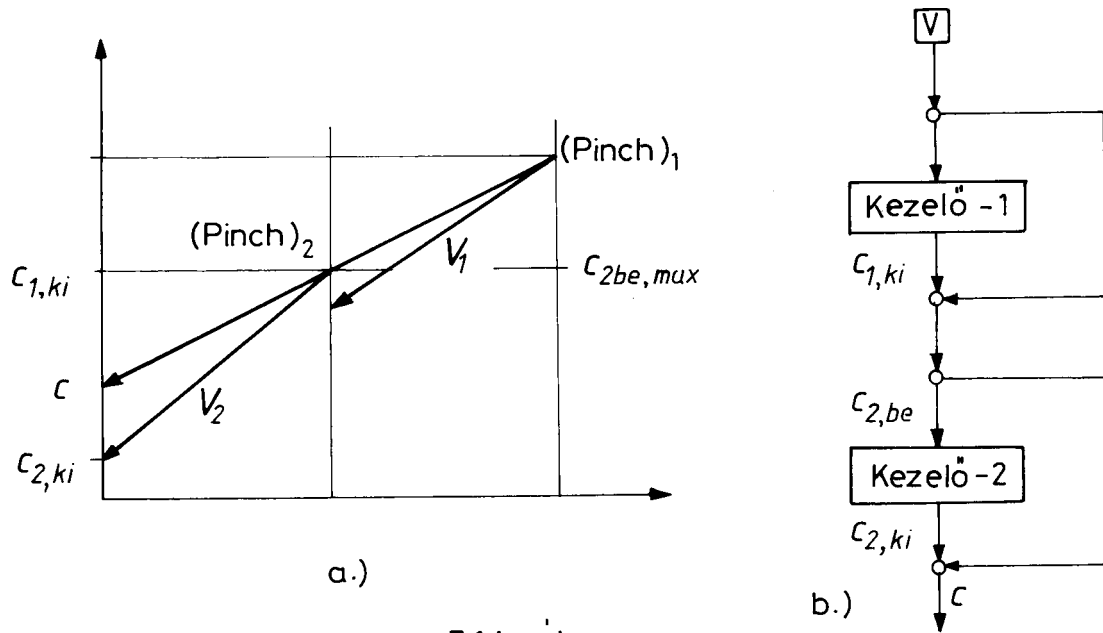
7.13. ábra

7.4. Több kezelő eljárás és több szennyező komponens

A kezelő eljárások a jellemző koncentrációk szerint sorba rendezhetők. Az összetett igény vonalához annyi kezelési vonalat illesztünk, ahány kezelő eljárást kell figyelembe

7. fejezet: Vízkezelő hálózatok

venni. Az előző alfejezetben leírtak továbbra is érvényesek. Például a **14. ábra** két kezelő egység esetét mutatja.



7.14. ábra

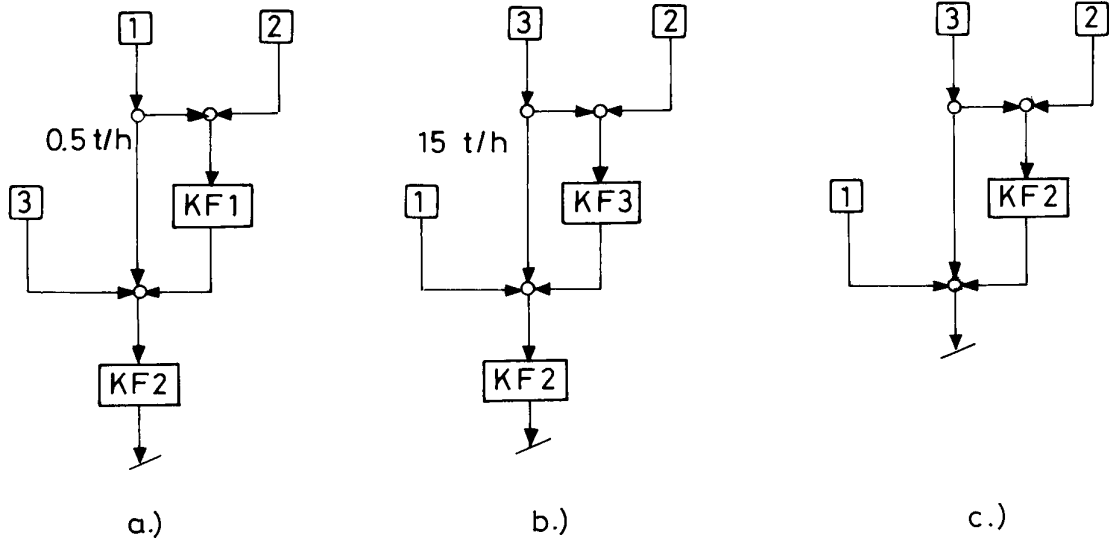
A több szennyező komponens összetett vonalát az előző fejezetben leírtak szerint szerkeszthetjük meg, vagy pedig az egyes szennyezőkhöz külön tervezünk, majd összefésüljük a tervezett rendszereket.

2. Táblázat: Mintapélda áramai

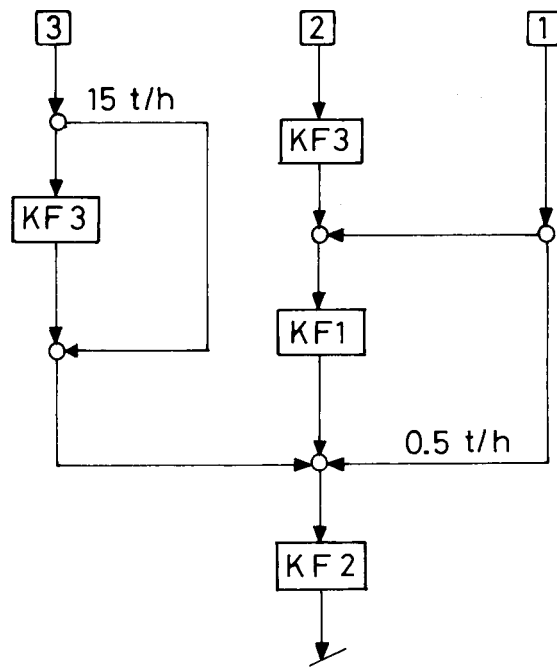
áram sorszám	V t/h	szennyező komponens koncentrációja		
		A (ppm)	B (ppm)	C (ppm)
1	13.1	00390	010	25
2	32.7	16780	110	40
3	56.5	00025	100	35

3. Táblázat: Mintapélda kezelő eljárásai

eljárás sorszáma	elvonás %		
	A	B	C
1	99.9	00	00
2	90.0	90	97
3	00.0	95	20



7.15. ábra



7.16. ábra

4. Táblázat: Mintapélda környezeti előírásai, ppm-ben:

A	B	C
2	2	5

A költségfüggvények növekvőek, ezért a kezelt áramok minimalizálására törekszünk. Az egyes komponensenként kijelölt hálózatot a **15/a,b,c. ábrák** mutatják, ezekből szintetizálható a **16. ábrán** bemutatott végső terv.