

Egy egyedi vízgazdálkodási gyakorlat fenntarthatóságának vizsgálata egy magyarországi vízfolyás vízgyűjtőjének példáján

Sustainability assessment of a special water management practice in a Hungarian river basin

G. Hancz

GISPARK Bt. 4029 Debrecen, Baross utca 13., hgabi@eng.unideb.hu

Absztrakt. A tanulmány célja a termálvíz fürdőzés céljára történő hasznosításának vizsgálata a fenntarthatóság szempontjából a Kösely vízgyűjtő területén. A választott módszer az anyagforgalom elemzés, mivel ez nem igényel online-, vagy rendszeres vízminőség vizsgálatokat a vizsgált vízfolyáson. Az aktuális vízgyűjtő gazdálkodási terv a só koncentrációt figyelembe vevő fizikai-kémiai paraméterek szempontjából rossznak-, illetve mérsékeltnek minősítette a használt termálvízterheléssel érintett vízfolyás szakaszokat. Ugyanezek a szakaszok az összesített ökológiai minősítés szerint is ezeket az értékeléseket kapták, tehát a só tartalmat is magában foglaló fizikai-kémiai tulajdonságcsoport meghatározó. A Víz Keretirányelv előírja a jó ökológiai állapot elérését biztosító intézkedések megfogalmazását. Mivel nincs a só eltávolításra úgynevezett legjobb elérhető technológia, a só terhelés csökkentését más módon kell megoldani. A doktori tanulmányok keretében végzett vizsgálatok célja a szakirodalomban foglalt fenntarthatósági kritériumoknak való megfelelés ellenőrzése a víz- és só forgalom számszerűsítésével, az anyagforgalmi diagram elkészítésével valamint vízkészlet gazdálkodási adatok felhasználásával a Kösely vízgyűjtő területén.

Abstract. The purpose of the study is to assess the sustainability of the current water management practice of thermal water usage for bathing. The methodological approach is material flow analysis since it allows to achieve results without regular or online measurements. The current river base management plan recorded the quality status of certain reaches of river Kösely and its tributaries - the receiving water bodies of the used thermal waters - regarding salt content as good and moderate. The ecological status is recorded as moderate and weak, respectively. Since the Water Framework Directive prescribes to achieve the goal of good ecological status, water management measures must be implemented to meet this objective. Since there is no BAT for salt removal from used thermal waters, the possibility to reduce salt loads remain the only feasible measure. The purpose of the study in the frame of a PhD study was to assess with calculations the yearly variations of water and salt flow in river Kösely and its tributaries in order to assess the sustainability of the practice of thermal water management in the river catchment. The result of the calculations is a flow scheme provided with numerical data of yearly water- and salt flow and a subsequent calculation of necessary rate of reduction of usage and discharge of thermal water.

Bevezetés

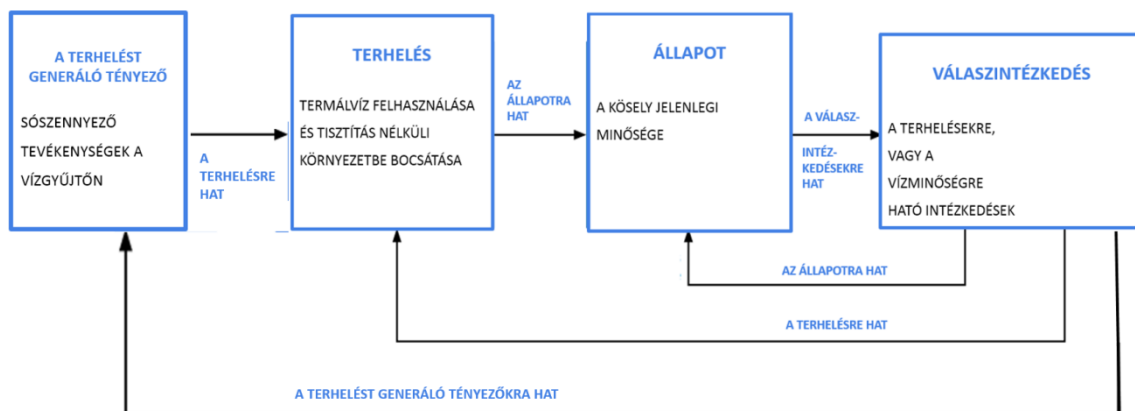
Ez a cikk egy esettanulmány, melyben egy speciális –bár Magyarországon elterjedt – vízgazdálkodási gyakorlat fenntarthatóságát vizsgáltam a szakirodalomból ismert szempontok szerint. Ez a tágabb - Európa Unió – térségben különlegesnek számító gyakorlat a természetes termálvizek használata fürdésre, majd elvezetése tisztítás nélkül a közműves csatornarendszerbe, vagy egy befogadóba. A használt termálvíz ezáltal vagy a szennyvíztisztító telepre érkezik a csatornán keresztül, vagy a befogadóba vezetés előtt átmenetileg – a vegetációs időszakban – egy tóban gyűlik, melyet sósvíz tározóként, vagy pihentető tóként tartunk nyilván. A kétféle lehetőség közül a megvalósíthatóság szempontja szerint választottak a beruházások időszakában. Magyarország gazdag magas ásványi anyag koncentrációval – és ezáltal gyógyító hatással is - rendelkező termálvizekben. Többségüket gyógyvízzé minősítették, aminek vízminőség szabályozás szempontjából azért van jelentősége, mert ez a felhasználási kategória enyhébb kibocsátási határértékeket jelent. Vagyis kétszeres szabályozás vonatkozik ugyanannak a termálvíznek a felhasználására aszerint, hogy milyen célra veszik igénybe. Mivel különleges erőforrásról van szó, a kihasználása nemzeti érdek és a fenntarthatóság szempontjainak teljesülését nem veszik szigorúan. Egy fenntartható vízgazdálkodási gyakorlat az előnyök hosszú távú biztosítását jelentené. Ezek a szempontok azonban nem voltak ismertek a beruházások idejében és még környezeti hatásvizsgálatokat sem végeztünk előtte. Mindenesetre a termálvíz kitermelése növekvő ütemben zajlik a fenntarthatóság szempontjainak nagyvonalú mellőzésével.

EU-tagállamként a Víz Keret Irányelvben rögzített elvárások teljesítésének kötelezettsége terhel minket. Az irányelvnek megfelelően úgy kell végezni a vízgazdálkodási tevékenységet, hogy általa a VKI célkitűzései előre láthatóan teljesüljenek. Ez változtatásokra kényszeríthet minket. A tanulmány egyik célja igazolni azt, hogy ezen a kötelezettségen kívül más kényszerítő erővel is számolnunk kell. A tanulmányunkban megalkotjuk a vizsgált mintaterületre vonatkozó só anyagforgalom diagramot (Material Flow Analysis MFA - anyagforgalom elemzés). Az MFA módszere alkalmas a forrás felhasználás hatékonyságának és a lerakat képződésnek a kimutatására és szemléltetésére.

A módszer választásában szerepe van annak, hogy

- az MFA egyszerű vízminőség szabályozási eszköz, mivel nem igényel sem folyamatos, sem rendszeres monitoringot;
- konzervatív szennyezőanyagról van szó és épp ezekre az anyagokra érvényes a tömegmegmaradás elvének alkalmazása, hiszen nem alakulnak át, nem ülepednek ki;
- a befogadó vízhozam ingadozásához képest a termálvíztermelés mennyisége egyenletes.

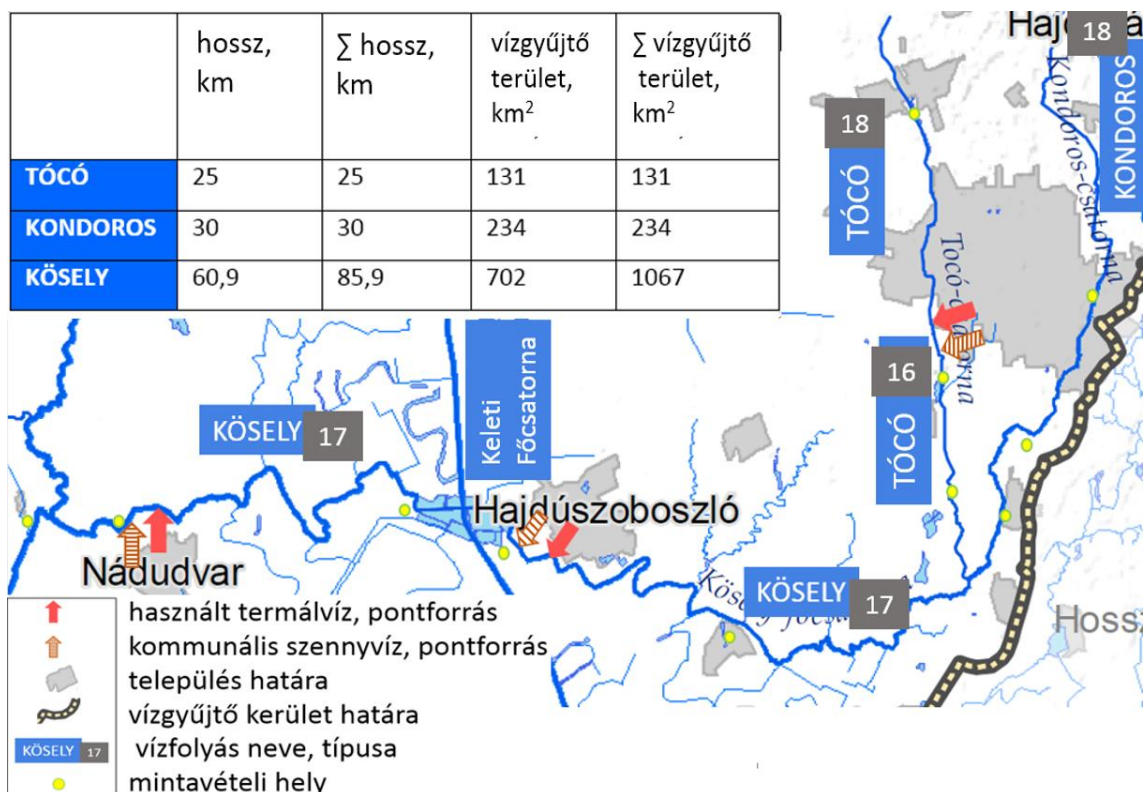
Ami a vízgazdálkodási stratégia megválasztását illeti, az anyagforgalom elemzés döntéstámogató eszköznek tekinthető, mert segíti a problémák korai felismerését és ezáltal az előrelátást, a problémák rangsorolását, ami többek között a globális felmelegedés hatásaira való felkészüléshez nélkülözhetetlen [7]. A végső cél a termálvíz hasznosításra irányuló tényleges társadalmi igény és a vízgazdálkodási célok összehangolása (1. ábra).



1. ábra. A terhelést generáló tényezők, a terhelések, az állapot és a lehetséges válaszingtezkedések kapcsolata

1. A mintaterület

A sóforgalmat többek között és elsősorban a használt termálvizek pontforrásként történő bevezetése okozza, de a vizsgálatban figyelembe vettem a szennyvíz sótartalmát is. A 2. ábrán megjelöltem ezeknek a pontforrásoknak a helyét és feltüntettem a vízgyűjtőterület néhány jellemző adatát.



2. ábra. A mintaterület a termálvíz bevezetés forrásaival és a vízgyűjtőt jellemző adatokkal

A Magyarországon máig elterjedt gyakorlattal összhangban a termálfürdők használt termálvizét Debrecenben a közcsatornába-, Hajdúszoboszlón egy sósvíz tározóba vezetik. Mindkét esetben ugyanaz a vízfolyás, a KöseLY a befogadója az összes oldott só terhelésnek (3. ábra) és egyik megoldás sem csökkent a sókoncentrációt. A sósvíz tározókban, vagy pihentető tavakban hőmérséklet csökkenéssel lehet számolni, ami fontos pozitív hatás és a vízminőség szabályozás - a befogadó terhelhetőségének periodikus változását figyelembe vevő - időzített bevezetésben rejlő tényleges

lehetőségét használja ki. A lebegőanyagok és a biológiai oxigénigény (BOI₅) is mutathat csökkenést a „pihentetés” alatt. Ugyanezek a pozitív változások várhatók a szennyvíztelepekre vezetett használt termálvizek minőségében is.



3. ábra. Használt termálvizek sorsának két jellemző útvonala Magyarországon

2. Módszer

2.1. Elsődleges adatok gyűjtése

2.1.1. Hidrológiai adatok, vízgyűjtő terület jellemzése

- Az illetékes Vízügyi Igazgatóság bocsátotta rendelkezésre a Kösely hét tervezési szakaszának hosszát, a hozzájuk tartozó részvízgyűjtő területek méretét és a belvízhozamból számított mértékadó vízhozamait. Ez utóbbi adatok egyben az egyes szakaszok vízszállító képességét is jelentik.
- a fajlagos lefolyás értéke Zsuffa (1975.) szerint $q = 25 \text{ mm/év}$, amelyből az egyes részvízgyűjtőkről és a teljes vízgyűjtőről lefolyó éves vízmennyiség számítható:

$$V = A \cdot q = 1000 \cdot 1061,4 \text{ km}^2 \cdot 25 \text{ mm/év} = 26\,535\,000 \text{ [m}^3\text{]}$$

- A Kösely vízjárása emberi beavatkozás hatására mesterséges, ezt tükrözi a torkolattól 6 km-re, Nádudvaron működő vízmérce adatsora. Számos vízkormányzásra – bevezetésre és elvezetésre – alkalmas szerkezet található a vízfolyáson.
- A középvíz a hidrológiai statisztika és a vízkészlet gazdálkodás leggyakoribb adata. Egy tízéves adatsorból állítottam elő a napi adatok átlagaként.

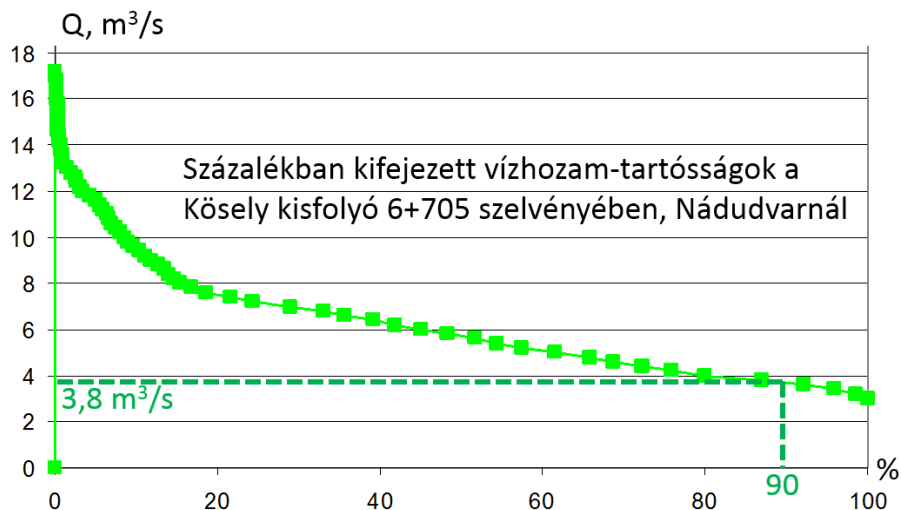
nagyvíz: $17,1 \text{ m}^3 / \text{s}$

középvíz: $6,16 \text{ m}^3 / \text{s}$

kisvíz: $3,03 \text{ m}^3 / \text{s}$

- A vízi ökoszisztémák kisvíz idején a legérzékenyebbek az alacsony oxigénkoncentrációnak és a kismértékű hígulás miatt leromlott vízminőségnek köszönhetően. A kilencven százalékos előfordulási valószínűségű vízhozamot tekintjük mértékadónak a felszíni vízbe juttatott szennyezőanyagok hígításához. A tanulmányban is ezt tekintetem mértékadó, kritikus vízhozamnak. Ezt a napi vízhozamokat gyakoriság szerint ábrázoló vízhozam tartóssági görbéből

állapítottam meg (4. ábra). Ez a $Q_{90} = 3,8 \text{ m}^3/\text{s}$ érték a hígítóvíz igények számításához alapul szolgáló adat.

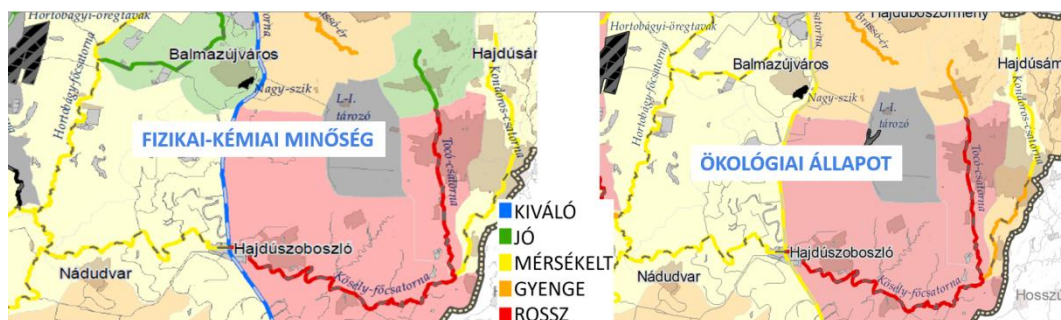


4. ábra. A Kösely 10 éves nádudvari vízhozam adatsorából előállított vízhozam tartóssági görbe és a Q_{90} érték

2.1.2. Minőségi adatok

2.1.2.1. Az Országos Vízügyújtó - Gazdálkodási Tervben rögzített minőségi állapot

A Duna-vízgyűjtő magyarországi részére vonatkozó Vízügyújtó - Gazdálkodási Terv monitoringja és értékelése szerint (OVGT2, 2016.) a Köselynek a Keleti-főcsatorna alatti szakasza mérsékelt, fölötté pedig gyenge minősítést kapott mind a sótartalmat is magában foglaló fizikai-kémiai tulajdonság-csoport, mind ökológiai állapot vonatkozásában (5. ábra). A jónál rosszabb minősítés arra utal, hogy a víztest ökológiai szempontból nincs egyensúlyban, emiatt érzékenyebb, kevésbé terhelhető, könnyen tovább romolhat az állapota.



5. ábra. A mintaterületen érintett víztestek fizikai-kémiai és ökológiai állapota az OVGT2, 2016. alapján

2.1.2.2. A mintaterületen érintett víztestek sótartalma saját mérések alapján

A Kösely vízgyűjtőjén 11 mintavételi helyen – melyek közül négy a Köselyen található, a többi a mellékágakon és a Hortobágyon, a Kösely befogadóján - huszonnyolc alkalommal mértem fajlagos elektromos vezetőképességet, mely a sótartalom közvetett mérésének megfelelő módszer. A módszer alapja, hogy a víz elektromos vezetőképességét az abban oldott sók ionjai adják. A mérés függ az ionok fajtájától, a víz hőmérsékletétől, az ionkoncentrációtól, mely utóbbi az összes sótartalommal, a TDS (Total Dissolved Solids) értékével arányos. A fajlagos vezetőképesség annak az elektromos ellenállásnak a reciprokértéke, mely egy 1 cm-es élhosszúságú kocka két egymással szemközti lapja között mérhető. A mért sókoncentrációt a kalibrált műszer egy nemlineáris összefüggés alapján

számítja. A saját mérést ilyen, - Multi 340i típusú - kalibrált konduktométerrel végeztem a mintavételek helyszínén. A 2008.-ban történt [5] méréssorozat szerint:

- a 28 minta EC-értékének átlaga mind a tizenegy mintavételi helyen meghaladja az öntözővíz megengedett sótartalmának megfelelő EC-értéket
- a tizenegy mintavételi helyen vett 28 minta EC-értékének átlagai közül a legkisebb is (801 $\mu\text{S}/\text{cm}$) meghaladja az öntözővíz megengedett sótartalmának megfelelő EC-értéket (780 $\mu\text{S}/\text{cm}$)
- A Tócból és az öntözőcsatorna fölött a Köselyből vett minták mért EC-értékei jelentősen magasabbak, mint az öntözőcsatorna alatt a Köselyből vett mintáké. A Tóció Debrecenben sós termálvíz befogadója.

2.1.2.3. A kitermelt termálvizek sótartalma

Az illetékes Vízügyi Igazgatóság bocsátotta rendelkezésre a mintaterületen kitermelt termálvizek sótartalmára vonatkozó adatokat. Az (1. Táblázat) EC-ben (fajlagos elektromos vezetőképesség, $\mu\text{S}/\text{cm}$) és TDS-ben (összes oldott szilárd anyag, g/m^3) kifejezve is tartalmazza a sótartalmat kifejező mennyiséget. Az anyagforgalom számításhoz a fajlagos tömeg értékeket használtam.

	EC [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	TDS [g / m^3]
Debrecen	7417	5433
Hajdúszoboszló	2800	1554
Nádudvar	3210	2039

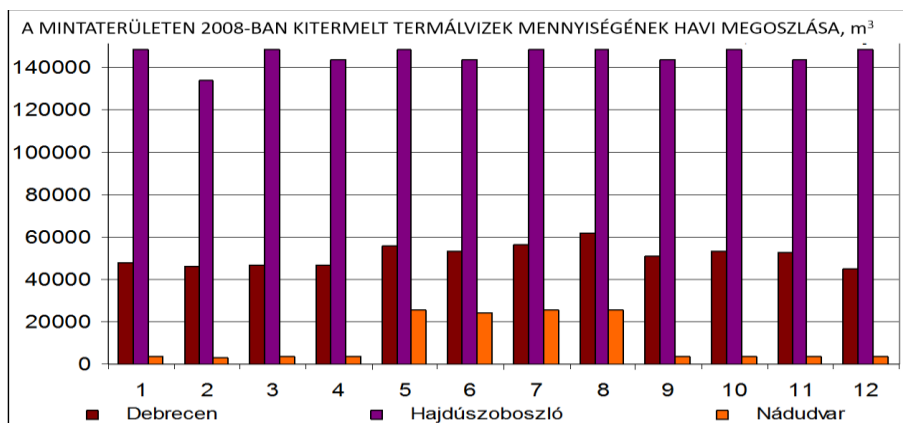
1. táblázat. A Kösely vízgyűjtőjén kitermelt termálvizek sótartalma elektromos vezetőképességben és összes oldott szilárd anyag koncentrációban kifejezve

2.1.3. A Kösely vízgyűjtőjén kitermelt termálvizek mennyisége

Az illetékes Vízügyi Igazgatóság bocsátotta rendelkezésre a mintaterületen kitermelt termálvizek mennyiségére vonatkozó adatokat. A 2. Táblázat és a 6. ábra a három városban 2008-ban kitermelt termálvizek m^3 -ben kifejezett mennyiségét tartalmazza. Egy éven belül csak Nádudvar esetében van jelentősebb változás. Mivel összességében itt a legkisebb a kitermelés volumene, ezért a vizsgálatot éves periódusra végeztem, az éven belüli eltérések jelentéktelennek tekintve. Egy VITUKI által végzett tanulmány [12] és A Duna-vízgyűjtő magyarországi részére vonatkozó Vízügyítő - Gazdálkodási Terv monitoringja és értékelése szerint (OVGT2, 2016.) a termálvíz készletek - a vízadó jellegéből adódóan lassú visszapótlódás miatt - a mintaterület alatt és az országban több más helyen is túlhasználtak. A folyamatban lévő hidrogeológiai vizsgálatok további - és más - adatokat is eredményezhetnek.

	DEBRECEN	HAJDÚSZOBOSZLÓ	NÁDUDVAR	
ÉVES KITERMELT TERMÁLVÍZ, m^3	616 416	1 747 620	127 833	Σ 2 491 869

2. táblázat. A mintaterületen 2008-ban kitermelt termálvizek mennyisége



6. ábra. A mintaterületen 2008-ban kitermelt termálvizek mennyiségének havi megoszlása

3. Sótartalommal kapcsolatos elvárások

3.1. Öntözővízre vonatkozó határérték

Az öntözővíz sótartalmára alkalmazott határértékek hivatottak megakadályozni a káros só felhalmozódást az öntözött talajban. Ez Magyarországon jelentős kérdés és várhatóan az is marad, mivel az éghajlatváltozás megnöveli az öntözővíz iránti igényt. VÁRALLYAI et. al., (1936) meghatározása szerint az öntözött talaj sótartalma várhatóan nem nő, ha az öntözővíz sótartalma TDS-ben (Total Dissolved Solids – összes oldott anyag) kifejezve 500 mg/l-en belül marad, ami megfelel az EC <780 $\mu\text{S}/\text{cm}$ kritériumnak.

3.2. A felszíni víz szennyezettségi határértékei

A felszíni vizekben a sók egy határérték fölött károsak, melyet a szakirodalomból ismerhetünk (Hancz, 2004.). Az Európai Bizottság által meghatározott *szennyezettségi határértékeket tartalmazza a 10/2010 (VIII. 18.) VM Rendelet*. A 17-es típusba sorolt (OVGT2.2016.) Köselyre vonatkozó sószennyezettségi határérték EC < 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a Tócsóra a bevezetés fölött és a Kondorosra vonatkozó határérték a típusuknak megfelelően < 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$

3.3. Technológiai kibocsátási határérték

Fürdőkből-, vagy gyógyfürdőkből valamely befogadóba vezetett legnagyobb megengedett sókoncentrációját tartalmazza a 3. táblázat (28/2004 (XII. 25.) KvVM). Az összehasonlíthatóság kedvéért az energetikai célra hasznosított termálvízre vonatkozó határértéket is feltüntettem. Ugyanarra a kibocsátásra más határérték vonatkozik a felhasználás célja függvényében.

paraméter	mértékegység	energetikai	balneológiai	termál-fürdő
		célú hasznosítás		
összes sótartalom	mg/l	3000	5000	2000
hőmérséklet	°C	30		

3. táblázat. Befogadóba kibocsátott szennyvíz sókoncentrációjára vonatkozó technológiai határértékek (28/2004 (XII. 25.) KvVM)

3.4. Befogadóba kibocsátott szennyvíz legnagyobb megengedett sókoncentrációja

A 4. táblázatban található határértékek bármely tevékenységből származó-, befogadóba kibocsátott szennyvíz sótartalmára vonatkoznak (28/2004 (XII. 25.) KvVM).

paraméter	mérték-egység	állandó vízfolyás	időszakos vízfolyás
		befogadó	
összes sótartalom	mg/l	-	2000
hőmérséklet	°C	a technológiai határértékek elfogadottak	

4. táblázat. Befogadóba kibocsátott szennyvíz legnagyobb megengedett sókoncentrációja (28/2004 (XII. 25.) KvVM)

3.5. közműcsatornába bocsátott szennyvíz legnagyobb megengedett sókoncentrációja

A konzervatív szennyezőanyagok nem változnak a kommunális szennyvíz tisztítására szolgáló technológia folyamán, hanem a szennyvíziszapban maradnak, vagy a kibocsátott tisztított szennyvízzel távoznak. Sók esetében ez utóbbi történik. A hagyományos szennyvíztisztítási technológiák nem tartalmazzák a só eltávolítást biztosító eljárást, ezért számos kutatás folyik a sótartalom esetleges káros hatásainak megismerésére. A sók mikrobiológiai folyamatokra gyakorolt káros hatásaira vonatkozóan egymásnak ellentmondó eredmények születtek [9].

A káros hatások megelőzése és a befogadók minőségének megőrzése érdekében a közcatornába vezetett szennyvíz sókoncentrációjára is tartalmaz a 28/2004 (XII. 25.) KvVM Rendelet határértéket (5. Táblázat).

paraméter	mérték-egység	állandó vízfolyás	időszakos vízfolyás
		befogadó	
összes sótartalom	mg/l	2500	2500
hőmérséklet	°C	40	

5. táblázat. Közműcsatornába bocsátott szennyvíz legnagyobb megengedett sókoncentrációja (28/2004 (XII. 25.) KvVM)

4. Számítások

Az anyagáramok térfogat/idő mértékegységben megadott mennyiségek. Az anyagáram számítás a sómennyiségekre és a sókat szállító vízre készült.

4.1. Becsült vízáramok számítása

A vízminőség szabályozás szempontjából mértékadó $Q_{90} = 3,8 \text{ m}^3 / \text{s}$ vízhozamot az alábbi arányosító tényezők figyelembe vételével osztottam szét (6. Táblázat) a vízgyűjtőn (2.1.1.):

- a rész vízgyűjtő területek nagysága
- a mértékadó vízhozam, vagy vízszállító képesség
- a szakaszokhoz legközelebbi mérőállomásról származó tíz éves csapadék adatsorok

	KÖSELY		TÓCÓ		KONDOROS	
	a hajdúszoboszlói bevezetés		a debreceni bevezetés		alsó szakasz	felső szakasz
	alatt	fölött	alatt	fölött		
a vízgyűjtő területe, km ²	241,04	453,8	97,42	88,61	39,3	133,84
éves lefolyás, m ³ /év	6026000	11345000	2435500	2215250	98250000	3346000
éves kumulatív lefolyás, m ³ /év	26350250	20324250	4650750	2215250	4328500	3346000

6. táblázat. Becsült lefolyó vízmennyiségek a Kösely vízgyűjtőjén

Annak ellenére, hogy a legnagyobb mennyiségben Hajdúszoboszlón termelik ki a termálvizet, a legnagyobb sóáram Debrecenben keletkezik (7. táblázat, 7. ábra) a magasabb koncentrációk miatt. Ez arra is utal, hogy a leghatékonyabban itt lehet beavatkozni.

4.2. Becsült sóáramok számítása

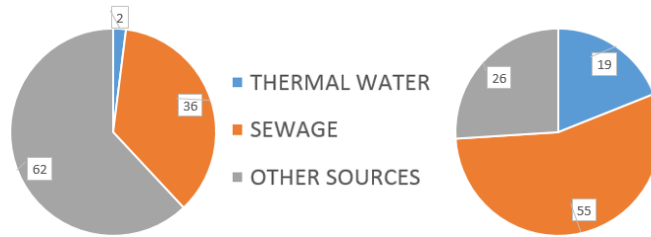
	DEBRECEN	HAJDÚSZOBOSZLÓ	NÁDUDVAR	Σ
ÉVES KITERMELT TERMÁLVÍZ, m ³	616416	1747620	127833	2491869
SÚLYOZOTT ELEKTROMOS VEZETŐKÉPESSÉG, μs/cm	7418	2973	3210	
SÚLYOZOTT ÖSSZES SÓ, g/m ³	5433	1554	2039	
ÉVES KUMULATÍV LEFOLYÁS, m ³ /év; t/év	40,19	32,59	3,13	75,9

7. táblázat. A három termálvíz kitermelésből származó sóáram, t/év



7. ábra. A termálvíz kitermelés (bal oldali diagram) és az abból származó sóáram (jobb oldali diagram) százalékos megoszlása a három fürdőváros között a Kösely vízgyűjtőjén

A különböző eredetű szennyvizek sótartalmára vonatkozó adatot szemléltet a 8. ábra. Eszerint a szennyvizekkel több sót bocsátunk ki, mint a termálvizekkel. Nyilvánvaló, hogy ez a csatornába vezetett használt termálvizeknek köszönhető, bár a szennyvíz maga is tartalmaz sót 100 ÷ 200 g/m³ koncentrációban [14].



8. ábra. Különböző eredetű szennyvizek (bal oldali diagram) és az azokból származó sóterhelés (jobb oldali diagram) százalékos megoszlása Magyarországon; (OVGT2.2016. alapján)

4.3. Természetes sóáram számítása

A fenntarthatóság egyik kritériumának ellenőrzéséhez a természetes- és antropogén anyagáramok összehasonlítására van szükség. A sók természetes árama a természetes lefolyáshoz kapcsolható sóáramot jelenti, amihez ismerni kell a vízfolyások háttér koncentrációt. A 2008-ban 28 alkalommal végzett EC-mérés során a Tóción a bevezetés fölött is volt mintavételi hely, az ott mért értékek átlaga $1050 \mu\text{S}/\text{cm}$ volt [5]. Ezt az eredményt háttér koncentrációként felhasználva számítottam a természetes sóáram mértékét:

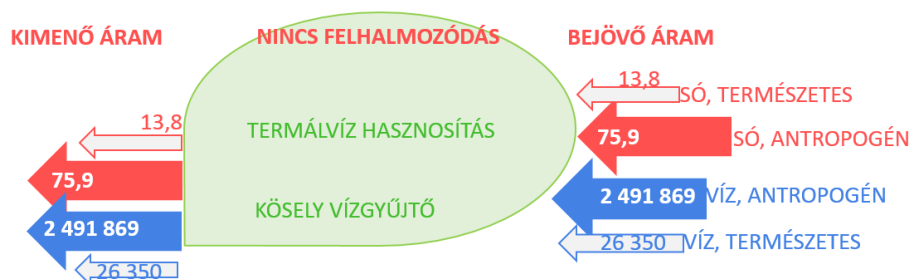
$$1050 \mu\text{S}/\text{cm} \approx 1050 \cdot 0,5 \text{ mg}/\text{l} = 525 \text{ mg}/\text{l} = 525 \text{ g}/\text{m}^3$$

Ebből a természetes sóáram:

$$525 \text{ g}/\text{m}^3 \cdot 26350 \text{ m}^3 = 13,833 \text{ t}$$

4.4. Só és víz anyagáram diagram

A fenntarthatóság egyik kritériumának ellenőrzéséhez a természetes- és antropogén anyagáramok összehasonlítására - a kettő arányára - van szükség. A 9. ábrán összegzem a természetes- és antropogén víz- és só- anyagáramokat jelezve, hogy nincs felhalmozódás, a be- és kimenő áramok megegyeznek.



9. ábra. Természetes- és antropogén víz- és só- anyagáramok a Kösely vízgyűjtőjén 2008. évi adatok alapján tonnában kifejezve

5. Fenntarthatósági vizsgálat

Ebben a bekezdésben az elemzés eredményeinek felhasználásával befejezem a jelenlegi vízgazdálkodási gyakorlat fenntarthatósági vizsgálatát. A fenntarthatóságot az alábbi öt kritérium (OECD, 2000.) teljesítése igazolhatja:

5.1. Az antropogén anyagforgalom nem haladja meg a természetes anyagforgalmat

Az antropogén és a természetes só-anyagforgalom aránya

$75,9 / 13,833 = 5,5$, vagyis több, mint ötszörösen meghaladja.

Ez a kritérium nem teljesül.

Az antropogén és a természetes víz-anyagforgalom aránya

$2491869 / 26350 = 94,56$, vagyis majdnem százszorosan meghaladja.

Ez a kritérium nem teljesül.

5.2. Az antropogén folyamatok és hatásaik visszafordíthatók

Vizsgálódás nélkül is belátható, hogy az antropogén sóforgalom – a kitermelt termálvízzel felszínre hozott só – és hatásaként a felszíni vízben kialakult sótartalom nem visszafordítható, bár az utóbbi megszűnhet a kitermelés leállításával, vagy a sók eltávolításának bevezetésével.

Ez a kritérium nem teljesül.

5.3. Az antropogén terhelések nem haladhatják meg a környezeti elemek – esetünkben a felszíni befogadó – terhelhetőségét, asszimilációs képességét.

A 2.1. bekezdésben ismertetett adatok szerint a mintaterületen lévő víztestek a bevezetések alatt nem érik el az elvárt vízminőséget. Mivel az elvárt vízminőség az ökológiai egyensúlyhoz tartozó minőséget tükrözi, ez az egyensúly hiányzik.

Ez a kritérium nem teljesül.

5.4. A meg nem újuló erőforrásokat csak a szükséges mértékben aknázzuk ki

A mintaterület alatti termálvíz-készletek – melyeknek nagyon lassú a visszapótlódása – túlhasználtak (2.1.3.).

Ez a kritérium nem teljesül.

5.5. Mérgező-, vagy másképpen ártalmas anyagok nem halmozódnak fel a környezetben antropogén hatásra.

Ezt a kritériumot nem vizsgáltam, de feltételezhetően teljesül, ahogy arra a 3.5. bekezdésben kitértem. Mivel a sók konzervatív anyagok és oldott állapotban vannak jelen, nincs természetes öntisztulási mód, melynek hatására kiválna a vízből és felhalmozódhatna.

Ez a kritérium feltételezhetően teljesül.

6. Eredmények és értelmezésük

A tanulmány célja a Kösely vízgyűjtőjén folytatott termálvíz hasznosítás folyamatainak vizsgálata a fenntarthatóság szempontjai szerint. Öt szempontnak kellene teljesülni, de csak egy teljesül.

Az antropogén sóforgalom többszörösen meghaladja a természeteset. Ehhez hozzá kell tenni, hogy a szennyvízhez és a téli útsózáshoz kapcsolódó sóforgalmat nem is számítottam bele, mert csak a termálvíz hasznosítást terveztem elemezni.

A folyamatok és hatásaik nem visszafordíthatók.

A sóterhelés meghaladja a befogadók asszimilációs képességét. Ehhez hozzá kell tenni, hogy a mérés éve két százalékkal csapadékosabb volt az átlaghoz képest. A globális felmelegedés várható hatását is figyelembe véve ez a mutató tovább romolhat változatlan vízgazdálkodási gyakorlat mellett. További tényezőként kell a jövőben figyelembe venni a zöld infrastruktúra bevezetésével a csapadék egy részének beszivárogtatását, mely a befogadó asszimilációs képességét csökkentheti a lefolyás csökkentése révén. A jövőben várható változások között felsorolom az időszakos befogadók kérdését is, hiszen egyre több állandó vízfolyás válik időszakossá, amely tovább csökkenti azok terhelhetőségét.

Mivel a mintaterület vízfolyásai nagyon alacsony vízhozamúak, a Tóció pedig csak a bevezetés alatt és csak annak hatására állandó, ez reális szempont.

Bár a termálvizek megújuló erőforrások, megújulásuk nagyon lassú és a kitermelés üteme ezt meghaladja. Ehhez hozzá kell tenni, hogy ez az ütem egyre nő, ami a fenntarthatóság szempontjának ellentmond és annak teljesülésétől egyre távolodik.

7. Összefoglalás és javaslat

A tanulmány célja a termálvíz fürdőzés céljára történő hasznosításának vizsgálata a fenntarthatóság szempontjából a Kösely vízgyűjtő területén. A választott módszer az anyagforgalom elemzése, mely nem igényel online-, vagy rendszeres vízminőség vizsgálatokat a vizsgált vízfolyáson. A doktori tanulmányok keretében végzett vizsgálatok célja a szakirodalomban foglalt fenntarthatósági kritériumoknak való megfelelés ellenőrzése a víz- és só forgalom számszerűsítésével, az anyagforgalmi diagram elkészítésével valamint vízkészlet gazdálkodási adatok felhasználásával a Kösely vízgyűjtő területén.

Kutatásokat kell végezni annak érdekében, hogy egy elérhető sótelenítési technológiával a fenntarthatóság felé közelítsük a jelenlegi termálvíz hasznosítás nem fenntartható gyakorlatát. A globális felmelegedéssel a terhelés nő, még ha a kitermelést nem is növeljük. Ugyanakkor a jó minőségű vízre nőni fog a kereslet. Alternatív termálvíz elhelyezés is megfontolható (Hancz et. al, 2010.) jobb megoldás híján.

Hivatkozások

- [1] Anna, M., Francesc, G., Giuseppe, P., Gerardina, S. Antonio, L. An eco-hydrological assessment method for temporary rivers. The Celone and Salsola rivers case study (SE, Italy) Ann. Limnol. - Int. J. Lim. 51 (2015) 1–10 <https://www.limnology-journal.org/>

- [2] 28/2004.(XII. 25.) KvVM rendelet a vízszennyező anyagok kibocsátásaira vonatkozó határértékekről és alkalmazásuk egyes szabályairól.
- [3] 10/2010. (VIII. 18.) VM rendelet a felszíni víz vízszennyezettségi határértékeiről és azok alkalmazásának szabályairól.
- [4] Hancz., G. 2004. Adverse environmental impacts of thermal water utilization, Debreceni Műszaki Közlemények, DE MK Folyóirata, 3. Évfolyam, 2. Szám: 99.-109. HU ISSN 1587-9801.
- [5] Hancz., G. 2010. A Kösely vízfolyás sókoncentráció vizsgálata VI. KÁRPÁT-MEDENCEI KÖRNYEZETTUDOMÁNYI KONFERENCIA NYÍREGYHÁZI FŐISKOLA, 2010. április 22-24; p.187.-192.
- [6] Hancz, G., Aradi, Cs. Suggested practices for used thermal bathing water disposal NÖVÉNYTERMELÉS 59:(Suppl.) pp. 303-306. (2010)
- [7] Hendriks, C.; Obernosterer, R.; Müller, D.; Kytzia, S.; Baccini, P.; Brunner, P.H. (2000) Material Flow Analysis: a tool to support environmental policy decision making. Case-studies on the city of Vienna and the Swiss lowlands. Local Environment, Vol. 5, No. 3, p 311-328.
- [8] Duna-vízgyűjtő magyarországi része VÍZGYŰJTŐ-GAZDÁLKODÁSI TERV – 2016. http://www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/E3E737A3-3EBC-4B6F-973C-5DD9B8A6DBAB/OVGT_foanyag_vegleges.pdf
- [9] Mostafa, F. , Surabhi, S. Loring, F. , James, E. (2006.)FHWA/IN/JTRP-2005/21 STUDY OF SALT WASH WATER TOXICITY ON WASTEWATER TREATMENT of Civil Engineering Joint Transportation Research Program Project No. C-36-68R File No. 4-7-18 SPR-2625
- [10] OECD WORKING GROUP ON ENVIRONMENTAL INFORMATION AND OUTLOOKS (WGEIO)2000. Special Session On Material Flow Accounting
- [11] Peter, K. (2004.) The DPSIR Framework; National Environmental Research Institute, Denmark Department of Policy Analysis European Topic Centre on Water, European Environment Agency
- [12] VITUKI ZÁRÓJELENTÉS A GAZDASÁGI ÉS KÖZLEKEDÉSI MINISZTERIUM MEGBÍZÁSÁBÓL A VITUKI-MÁFI- AQUAPOFIT KONZORCIUM MUNKÁI EREDMÉNYEINEK RÖVID ÖSSZEFOGLALÁSA Témaszám 721/1/64/18-21
- [13] ZSUFFA, I. Műszaki Hidrológia, Műegyetemi Kiadó (1996), Budapest
- [14] I. E. Uwidia, I.E., Ukulu, H.S. (2013.) Studies on electrical conductivity and total dissolved solids concentration in raw domestic wastewater obtained from an estate in Warri Nigeria Greener Journal of Physical Sciences ISSN: 2276-7851 Vol. 3 (3), pp. 110-114.