

Vizügyi közlemények

1954.

A BESZIVÁRGÁSI SZÁZALÉK ÉS A TARTÓSAN KITERMELHETŐ VÍZMENNYISÉG MEGÁLLAPÍTÁSA KARSZTVIDÉKEN

(A forrásnyilvántartás tudományos és gyakorlati eredményei)

Írta : dr. KESSLER HUBERT

ETO. 551.491.78

Az Országos Vizgazdálkodási Hivatal által 1950-ben megindított és a Vizgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet által vezetett és továbbfejlesztett forrásnyilvántartás során begyűjtött adatok tudományos értékelése már eddig is több olyan eredményre vezetett, mely a műszaki gyakorlatban sikerrel alkalmazható.

Ezek közül az alábbiakban a *beszivárgási százalékkal* kapcsolatos vizsgálataink eredményét közöljük.

Karsztvízzel kapcsolatos vizgazdálkodási tervek készítésénél fokozódó súllyal merült fel az a kérdés, hogy mekkora a karsztból tartósan, a természetes vízháztartási egyensúly veszélyeztetése nélkül kitermelhető vízmennyiség. Azok a régebbi felfogások, amelyek szerint a karsztvíz gyakorlatilag végtelen mennyiségű, vagy hatalmas, hazánk határain messze túlterjedő vízgyűjtőterületekből táplálkozik, a legújabb tapasztalatok és vizsgálatok alapján ma már túlhaladottnak tekinthetők.

Az országos forrásnyilvántartás keretében végzett rendszeres mérések és megfigyelések alapján kétségtelen, hogy valamennyi karsztforrásunk kizárólag a karsztba beszivárgott csapadékból táplálkozik és még az eddig juvenilis eredetűnek tartott langyos- vagy melegforrások sem tekinthetők kivételeknek.

Vitathatatlan, hogy a mélykarsztban rendkívül nagy vízmennyiség tározódik. *Tartós víztermelés szempontjából azonban csakis az utánpótlódó, tehát csapadékeredetű beszivárgott vízmennyiséggel számolhatunk és a mélykarsztban tározott vízmennyiséget csak a változó csapadékvizonyok okozta beszivárgási különbségek kiegyenlítésére használhatjuk fel.*

Vizgazdálkodási és hidrológiai szempontból tehát igen lényeges a *beszivárgási százalék* ismerete, mert enélkül lehetetlen a tartósan kitermelhető vízmennyiségre bármilyen közelítő mennyiségi adatot szolgáltatni.

A BESZIVÁRGÁSI SZÁZALÉKRA VONATKOZÓ RÉGEBBI FELFOGÁSOK ÉS BÍRÁLATUK

A szakirodalomban találunk ugyan adatokat a beszivárgási százalék mértékére, de ezek igen eltérőek és önkényesek. Ennek — többek közt — az az oka, hogy eddig nem álltak rendelkezésre országos viszonylatban végzett rendszeres forrásmérési adatok, amelyekből a hozam és csapadék összefüggéseinek törvényszerűsége megállapítható lett volna.

Egyes hasznosított forrásoknál végeztek ugyan hozamméréseket, de ezeket az igen értékes adatokat országos kutatószerv hiányában nem dolgozták fel a beszivárgási százalék szempontjából.

A magyar szakirodalomban a szélső értékeket egyrészt *Kassai Ferenc*, másrészt *Böckh János* munkáiban találjuk. *Kassai* 50, *Böckh* 20%-os beszivárgást vesz alapul. Hasonló eltéréseket találunk a külföldi szakirodalomban is. Például *Wegrausch* 40, *Höfer* 20 százalékban állapítja meg a beszivárgást.

Maillot (Essais d'Hydraulique souterr., Paris) és *Prinz* (Handbuch der Hydrologie) képletet is közöl az évi csapadék és forráshozam összefüggésére. Szerintük

$$Q = nHF,$$

ahol Q az évi forráshozam, n a felszíntől függő tényező, H az évi csapadékösszeg és F a vízgyűjtőterület nagysága.

Iskovszky ezt a képletet még kiegészíti egy a növényzettől függő szorzótényezővel.

Mindkét képlet feltételezi tehát, hogy az évi forráshozamok egyszerűen arányosak az évi csapadékösszeggel.

Az országos forrásnyilvántartás bevezetése óta végzett több ezer mérés és a begyűjtött régebbi adatok alapján azonban bebizonyult, hogy bár a forráshozamok kétségtelenül a csapadék hatása alatt állanak, a fent feltételezett egyszerű összefüggés nem áll fenn, sőt sok esetben éppen ellentétes eredményeket kapunk.

Ilyen feltűnő példa többek között a bővizű tatai Pokol-forrás és a Zámolyi-forrás 1949-ben történt elapadása. E források elapadására évtizedek óta nem emlékeznek, holott például 1943-ban és 1947-ben kisebb volt e területeken az évi csapadékösszeg, mint 1949-ben. Rendkívül tanulságosak még ebből a szempontból a pécsi Tettyeforrásnál végzett mérések. Ezek szerint a Tettyeforrás hozama 1949-ben, évi 534 mm csapadék mellett, 175 000 m³; 1947-ben viszont évi 524 mm, tehát kevesebb csapadék mellett a forráshozam éppen tízszeres, vagyis 1 772 000 m³ volt! (I. táblázat).

Maillot és *Iskovszky* képletei tehát még durva közelítéssel sem fogadhatók el, hanem helyettük olyan szorosabb összefüggést kell keresni, melynek alapján a beszivárgási százalék a vízgazdálkodási tervezésben kielégítő pontossággal kiszámítható.

A NÖVÉNYZET HATÁSA A BESZIVÁRGÁSI FOLYAMATRA

A csapadékviszonyok és forráshozamok szorosabb összefüggésének kutatásánál elsősorban azokat a törvényszerűségeket használtuk fel, amelyek a forrásnyilvántartással kapcsolatban a legfeltűnőbbben jelentkeztek. Ilyen szembevetendő törvényszerűségként mutatkozott a téli és tavaszeli csapadék döntő szerepe a forráshozamok alakulásában, és az, hogy előzetesen jól átáztatott talaj esetében már aránylag kis csapadék is feltűnően megnöveli a forráshozamokat.

Az év elejei csapadék nagyobb hatása kétségtelenül a felszín növénytakarójának, elsősorban az erdőknek, az év bizonyos szakára korlátozott nagy vízfogyasztására vezethető vissza. Ez magyarázza azt, hogy a nyári hónapok csapadéka alig érezhető meg a források vízhozamában.

A vegetáció vízfogyasztására alább néhány jellemző adatot közlünk. *Ney* szerint a bükkerdő évi vízfogyasztása 800 mm-es csapadék mellett 274 mm. Ez az a mennyiség, amely az erdő saját életműködésének fenntartásához szükséges. A lomboszat által visszatartott és közvetlenül elpárologtatott vízmennyiséggel együtt a forrást tápláló beszivárgástól elvont csapadék évi 492 mm. Ez a jelentékeny vízfogyasztás legnagyobb részét az április végétől szeptember elejéig terjedő időszakra korlátozódik.

I. táblázat

A mecsekhegységi beszivárgási százalék és csapadék összefüggésére vonatkozó adatok

Év	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		A Máson mért évi csapadék- összeg mm	Jan.—apr.—i csapadék- összeg mm	A mértékadó csapadék- százalék	A Tettye vízfolyás- területére esett víz- mennyiség 1000 m ³	A Tettye évi vízhozama 1000 m ³	Beszivárgási százalék	Az előző év szep.—dec. havi csapa- adékossága mm	Eltérés a sokévi átlagtól (267 mm) %	Javítás	Javított mértékadó csapadék- százalék	Eltérés a számított és tényleges beszivárgási % között
1934	626	95	15,0	3100	741	24	242	-9	-1	14,0	+2	
1935	571	170	30,0	2850	1033	36	200	-25	-2	28,0	+3	
1936	913	345	38,0	4550	2012	44	216	-19	-1	37,0	+3	
1937	1290	434	33,5	6220	2617	42	353	+32	+3	36,5	+6	
1938	744	192	26,0	3720	1619	45	476	+78	+15	41,0	+6	
1939	661	82	12,5	3310	517	15	187	-30	-3	9,5	+2	
1940	1047	169	16,0	5220	1990	38	310	+16	+2	18,0	+10	
1941	847	253	29,5	4250	1697	40	411	+54	+7	36,5	+8	
1942	618	310	50,0	3180	1852	58	308	+15	+1	51,0	+5	
1943	700	102	14,5	3500	657	19	220	-17	-2	12,5	+3	
1945	607	145	23,0	3080	1293	42	410	+50	+6	29,0	+2	
1946	492	68	14,0	2460	895	35	262	+0	+1	14,0	+11	
1947	524	269	52,0	2640	1772	67	276	+6	+1	53,0	+3	
1948	621	184	29,5	3100	588	18	103	-62	-10	19,0	+10	
1949	534	64	11,5	2670	175	7	136	-49	-6	5,5	+3	
1950	688	156	22,5	3450	1000	29	173	-35	-1	19,5	+6	
1951	856	221	26,0	4300	2295	53	435	+64	+10	36,0	+4	
1952	768	125	16,5	3850	1140	29	215	-20	-2	14,5	+4	
1953	527	153	29,0	2650	1657	62	448	+68	+13	42,0	+8	
20 éves átlag	717	186	25,5	3880	1370	38	283	+16	+1,5	27,0	+4,5	
40 éves átlag	783	219	28,0	3920	1520	39,5	267	-	-	28,0	-	

Az erdők nagy nyári vízfogyasztását, illetve a csapadék beszivárgását akadályozó hatását az erdőben végzett számos bel- és külföldi talajvízszintészlelés is igazolja. Szélső esetet az Indiában végzett megfigyelések alapján ismerünk. Itt a júniusi nagy esőzések alatt a talajvízszint az erdőben 37 cm-rel, szabad területen viszont 466 cm-rel emelkedett.

De nemcsak az erdő, hanem a füves terület is nagy vízfogyasztó. *Wollny* szerint füves területen, 25%-os talajnedvesség mellett, a vízfogyasztás a három és fél nyári hónap alatt 300 mm. A fűfélék vízfogyasztása alkalmazkodik a csapadékmennyiséghez és pl. 50%-os talajnedvesség mellett 500 mm-re emelkedik.

Trossbach a burgonya és rozs vízfogyasztására végzett kísérleteket. Szerinte 46 mm májusi csapadékból a burgonya 42 mm, a rozs 46 mm-t fogyasztott. A vízfogyasztás 113 mm júliusi csapadék mellett a burgonyánál 108, a rozsnál 113 mm-re emelkedett.

A növényzetnek csak vázlatosan ismertett nagy vízfogyasztása döntően befolyásolja a természet vízháztartását és a forrásokat tápláló csapadékbeszivárgást. *A beszivárgási százalék megállapítása szempontjából tehát nem közömbös, hogy az évi csapadékmennyiség milyen elosztásban hullott le.*

Megvizsgálандók még a növények nedvkeringésének megszűnése és a lombzat lehullása utáni beszivárgási viszonyok. Az eddigi mérések alapján kitűnt, hogy az év utolsó negyedében lehullott csapadék már inkább befolyásolja a forráshozamokat, mint a nyári, de távolról sem annyira, mint az év elejei csapadék.

A karsztforrások járatai általában csak a felszín alatti nagyobb mélységben tágasak, barlangszerűek. A csapadékvíz többnyire szűk hajszálereken, kataklázisokon át szivárog le a tágabb forrásjáratok szintjéig. Nyári szárazság után a csapadék jelentős része nem jut le a tágabb forrásjáratokig, hanem a kapilláris erők hatására, mint tapadóvíz és szegletvíz visszamarad a szűk, de rendkívül nagykapacitású érhalózatban. Az erőteljesebb vízfolyás tehát csak a telítettségi állapot bekövetkezése után indulhat meg. Ezt alátámasztja az a megfigyelés is, hogy hosszabb nedves időszak után már aránylag kis csapadékmennyiség is erőteljesen emeli a forráshozamokat. Hasonló következtetés vonható le abból az *Aggteleki-barlangban* végzett megfigyelésből, hogy a cseppkövek csepegése a nyári időszak után még nagy esőzéseket követően is csak nehezen indul meg, viszont télen vagy koratavasszal már kis csapadék mellett is számottevő a csepegő vízmennyiség, amely kedvező viszonyok közt folytonos sugárrá is alakulhat.

Az őszi csapadéknak tehát a következő évi beszivárgási viszonyok szempontjából bizonyos előkészítő szerepe van.

Figyelemreméltó még, hogy a nyers, el nem korhadt avar annyira összetapadhat, hogy gyakorlatilag majdnem vízzárónak tekinthető. Ez a vízzárás természetesen hónapok múlva, a korhadási folyamat megindulásakor, erősen csökken és ugyancsak hozzájárul ahhoz, hogy az év elejei csapadék kedvezőbb beszivárgási viszonyokat találjon, mint az évvégi.

A MECSEKBEN VÉGZETT 20 ÉVI MÉRÉSEKBŐL LESZŰRHETŐ KÖVETKEZTETÉSEK. A MÉRTÉKADÓ CSAPADÉKSZÁZALÉK

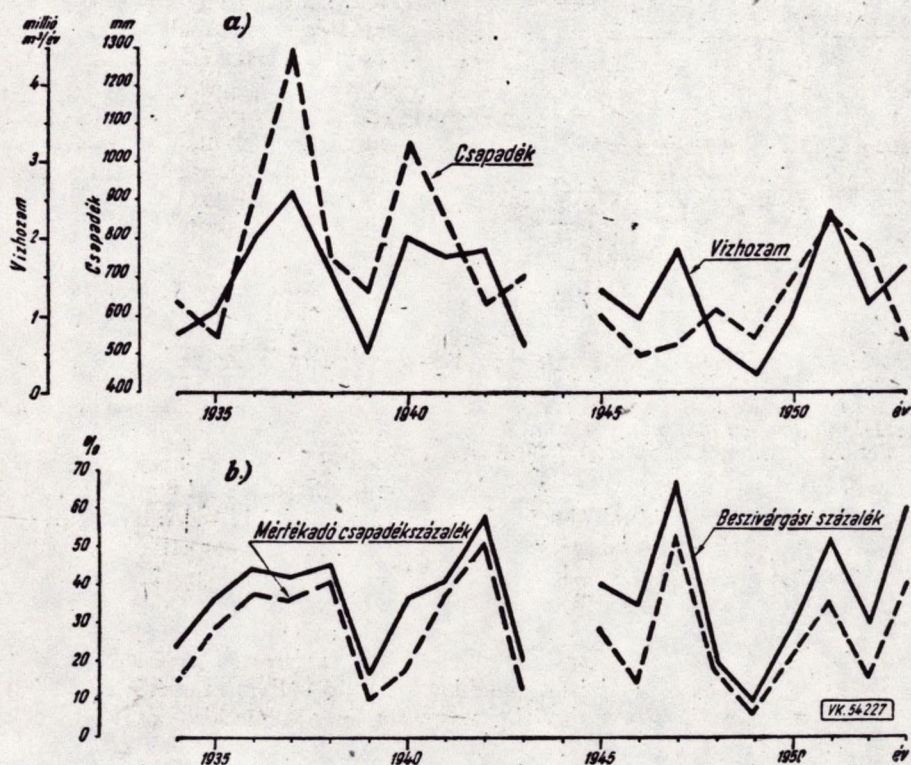
Rendszeres vízhozamméréseket legrégebben a pécsi Tettyeforrásnál végeztek, amelynek vízgyűjtőterületén, a *Misina-tetőn*, 20 éve csapadékmérőállomás működik. A Tettye-forrás vízgyűjtőterülete elég jól körülhatárolható. Kiterjedése *Vadász Elemér* szerint, földtani és morfológiai alátámasztás alapján, maximálisan 5,35 km². *Szabó Pál Zoltán* szerint a *Tettye-fennsík* és a *Tubes* magaslata közötti gerinc karsztos területe — amely a Tettyeforrás vízgyűjtőterületének tekinthető — 5 km². Részletes helyszíni vizsgálatok alapján a szerző is elfogadhatónak tartja a kb. 5 km²-es értéket. Történtek még kísérletek a vízgyűjtőterületnek a csapadék és a forráshozam alapján

való kiszámítására, de ezek egészen különböző eredményekre vezettek, mert az ismeretlen beszivárgási százalék felvétele csak önkényesen történhetett.

A kérdéses hegytömeg tektonikailag jól megoldozott, elkarsztosodott közép-triász kagylós mészkőből áll. A vékony humusztakaróval fedett felszínnek kb. 75%-át a magyarországi karsztvidékekre általában jellemző cser- és bükkerdő borítja.

Vizsgálatainkhoz a Tettyeforrás és a Misina-tetői csapadékmérő állomás 1934 óta mért adatait vettük alapul. Az 1944. évi adatokat az utolsó háborús évvel kapcsolatos bizonytalanságok és észlelési hiányosságok miatt nem vettük figyelembe.

Ha a Tettyeforrás évi vízhozamait és az évi csapadékösszegeket egy az éveket jelző közös tengely fölé felrakjuk, azt látjuk, hogy a két görbe még közelítőleg sem párhuzamos, amit pedig elvárhatnánk, ha a beszivárgási százalék állandó lenne (1/a ábra). Például 1938-ban 744 mm csapadék mellett 1 690 000 m³ volt a Tettyeforrás hozama, amely 1943-ban 700 mm mellett 657 000 m³-re lecsökkent. Az első esetben tehát a lehullott csapadék 45%-a, a másik esetben pedig csak 19%-a jelent meg a forrás vizében. A legszembetűnőbb ellentét azonban a már említett 1947. és 1949. években tapasztalható. Az első esetben a csapadék 67%-a, a másikban pedig csak 7%-a táplálta a Tettyeforrást.

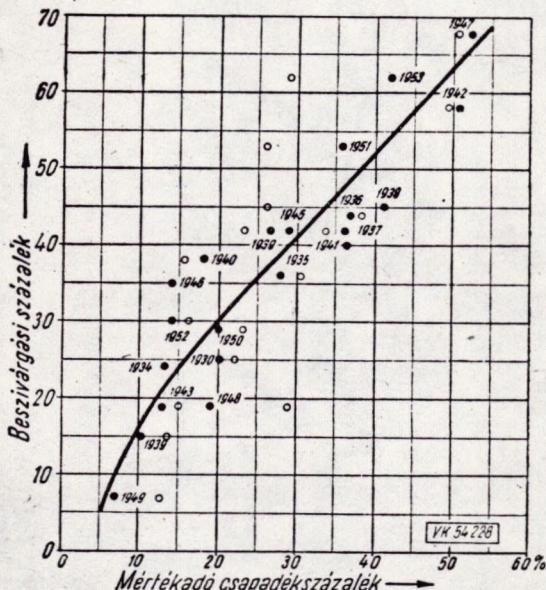


1. ábra. a) Az évi csapadékmennyiség és az évi forráshozam, 1934–1953. A görbék nem párhuzamosak, sőt több esetben ellentétesek. b) A mértékadó csapadékszázalék és a beszivárgási százalék görbéi jól követik egymást

Abb.1. a) Die Ganglinien des Jahresniederschlags (gestrichelte Linie) und des jährl. Quellenertrages (volle Linie) verlaufen nicht parallel, b) jene des massgebenden Niederschlagsprozentes (gestr. Linie) und des Versickerungsprozentes (volle Linie) zeigen festeren Zusammenhang

A további vizsgálatok szempontjából éppen ezek a legkirívóbb esetek voltak a legfontosabbak, ezektől kellett elsősorban a nagy eltérésekre magyarázatot kapni.

Az előzőkben már fejtegettük a csapadék évi eloszlásának fontosságát a beszivárgás szempontjából. Ezért az 1947. és 1949. évek esetén ezt a kérdést vizsgáltuk először meg. 1947-ben az évi 524 mm csapadékból 269 mm esett az év első négy hónap-



2. ábra. A mértékadó csapadékszázalék és a beszivárgási százalék összefüggése. Az üres körök a nyers, a kitöltött körök a helyesbített értékek
 Abb. 2. Der Zusammenhang des massgebenden Niederschlagprozentos (Abszisse) mit dem Versickerungsprozent (Ordinate) und die auf Grund 20-jährigen Messungen gewonnene Versickerungskurve. Die vollen Punkte sind die auf Grund der Korrekturstabelle berichtigte Werte

Ez a szórás azonban már távolról sem okoz olyan nagyfokú bizonytalanságot, mint az egész évi csapadékmennyiséggel való számításnál. Az átlagos eltérés a számított és tényleges beszivárgási százalék között 8,5%, szélső esetben 21%. A szórás csökkentése végett megkíséreltük az adatokat novemberrel vagy decemberrel kezdődő hidrológiai évekre vonatkoztatva felrakni. Ez az eljárás nem csökkentette az átlagos hibát, mert a november-decemberi csapadékmennyiség, korábbi fejtegetéseink szerint, nem vehető az év elejei csapadékkal egyenlő súllyal számításba. Bizonyos határig csak előkészíti, illetve javítja, vagy rontja a következő évi beszivárgási feltételeket. A hidrológiai évvel való számítás és az egyes hónapok csapadékának különböző súlyozása egyébként is nehézkessé tette volna a számítási módszernek a gyakorlatban való alkalmazását. A meteorológiai évkönyvben is naptári évekre feldolgozva találjuk meg a csapadékatokat. A vízhozammérések és vízigények általában ugyancsak naptári évekre vannak vonatkoztatva.

A szélső- és átlaghiba csökkentése végett megvizsgáltuk a legnagyobb szórású éveket. Kitént, hogy az ezeket megelőző év-négy utolsó hónapjának csapadékösszege

jában, tehát a növényzet nedvkeringésének erőteljes megindulása és a lombzat teljes kifejlődése előtt. Ez az egész évi csapadék 52%-a. 1949-ben ugyanebben az időszakban az évi 534 mm csapadékból csak 64 mm, vagyis 11,5% esett le. Ezeket a vizsgálatokat a többi évre is elvégeztük, és kitént, hogy minél nagyobb százaléka esett le az egész évi csapadéknak az év első négy hónapjában, annál nagyobb volt a forrástápláló beszivárgási százalék. Ez adta egy olyan ábra szerkesztésének a gondolatát, amelynek tengelyei a forráshozamok és csapadékmennyiségek helyett a beszivárgási százalékot és az első négy hónap csapadékának az egész évi csapadékhhoz való viszonyát tüntetik fel. A következőkben az első négy-havi csapadékot mértékadó csapadéknak, az egész évi csapadékhhoz való, százalékban kifejezett viszonyát pedig mértékadó csapadékszázaléknak nevezzük.

Ha az 1934–1953. évek adatait ily módon ábrázoljuk, a pontok nagyjából egy görbe mentén rendeződnek el, bár néhány pont még mindig erősen kiugrik (2. ábra).

lényegesen eltér a sokévi átlagok összegétől. Az eltérés előjele is összefügg azzal, hogy a vizsgált érték a 20 év értékei alapján rajzolható görbe alatt vagy felett van. Ez is igazolja az évvégi csapadék előkészítő szerepére vonatkozó fejtegetést.

A mértékadó csapadékszázalékot tehát egy az előző év végének csapadékviszonyaitól függő állandóval, előjelre való tekintettel, javítani kell. A javítás mértékének megállapítása céljából kiszámítjuk, hogy az előző év utolsó négy hónapjának csapadékösszege, a *javitást adó csapadékösszeg*, milyen értelemben és hány milliméterrel tér el az ezekre a hónapokra érvényes sok évi átlagok összegétől és az eltérésnek az átlagösszeghez való viszonyát százalékban fejezzük ki. Ezt *javitást adó csapadékszázaléknak* nevezzük és ennek függvénye a keresett javítás, amellyel a mértékadó csapadékszázalékot helyesbíteni kell. A javítás megállapítása csak bizonyos logikai megfontolásokkal, tapasztalati úton történhet. Ha a javítást adó csapadék egyezik a sokévi átlaggal, vagyis a javítást adó csapadékszázalék ± 0 , a javításnak is ± 0 -nak kell lennie. A javítást adó százalék lassú növekedésével kezdetben a javítás lineáris növekedése is megokolt, de bizonyos határon túl a növekedés már meghaladja a lineáris mértéket, mert minél több lesz a tapadó víz a szivárgási övben, illetve minél jobban megközelíti a teljes kapacitást, annál fokozottabb mértékben válik a beszivárgás a forrástáplálás szempontjából hasznossá. Ezt a megállapítást megerősítik azok a megfigyelések, amelyek szerint a forráshozamok, az előzetes átáztatottság mértékétől függően, bizonyos határon túl az egységénél magasabb hatvány szerint növekednek.

II. táblázat

Javitást-adó csapadék- százalék (*)	Javítás (k)
0-5	0
6-15	1
16-25	2
26-35	3
36-45	4
46-55	5
56-60	7
61-65	10
66-70	13
71 <	15

A II. táblázatban összeállítottuk a javításnak a javítást adó százaléktól függő, tapasztalati alapon megállapított értékeit. Ezek megfelelnek a fenti követelményeknek, negatív és pozitív értelemben is érvényesek. A 70-nél nagyobb javítást adó százalék már nem növeli tovább a javítást, azaz a következő év beszivárgási vi-

szonyait, hanem már a javítást adó hónapok forráshozamát fokozza. A közölt értékekkel javított mértékadó csapadékszázalék alapján megállapított beszivárgási százalék legnagyobb hibája 11%-ra, az átlagos hiba pedig 4,5%-ra csökkent, ami gyakorlati szempontból teljesen megfelelő.

Az ily módon megállapított mértékadó csapadékszázalék és a beszivárgási százalék görbéi már sokkal inkább tekinthetők párhuzamosoknak, mint az évi csapadék és évi forráshozamok görbéi (1/b ábra).

A BESZIVÁRGÁSI SZÁZALÉK SZÁMÍTÁSÁNAK ÖSSZEFOGLALÁSA

Összefoglalóan megállapíthatjuk, hogy még meghatározott területre sem lehet mindenkorra érvényes állandó évi beszivárgási százalékot megállapítani, mert az eddigi mérések szerint a beszivárgási százalék a mértékadó csapadékszázaléktól függően 7-70% között változik.

Valamely karsztforrás évi hozama az évi csapadékösszeg (H), a beszivárgási százalék (β) és a vízgyűjtő terület felületének (F) szorzata :

$$Q = \beta HF$$

A beszivárgási százalék a javítással (k) helyesbített mértékadó csapadékszázalék (μ') függvénye :

$$\beta = f(\mu')$$

ahol

$$\mu' = \mu + k$$

A mértékadó csapadékszázalék (μ) az év első négy hónapjában lehullott csapadék összegének az egész évi csapadékösszeghez való, százalékban kifejezett viszonya.

A javítás (k) a javítást adó csapadékszázalék (x) függvénye :

$$k = f(x)$$

A javítást adó csapadékszázalék kifejezi azt, hogy az előző év négy utolsó hónapjának csapadékösszege hány százalékkal tér el ugyanezen időszak átlagos csapadékösszegétől. A javítást a javítást adó százalék előjelével vesszük figyelembe.

A $k = f(x)$ összefüggést a II. táblázat adja meg. A $\beta = f(\mu')$ értéket a beszivárgási görbéről (2. ábra) olvashatjuk le.

A most leírt eljárással elérhető pontosságnál nagyobbra alig lehet a beszivárgási százalék megállapításánál törekedni, mert az ismertetett összefüggéseken kívül még számos más körülmény is befolyásolja a beszivárgást, amelyeket rendkívül nehéz különválasztani és a számításokban figyelembe venni.

Ilyenek többek között a csapadékintenzítás, a hőmérsékleti és szélviszonyok, a havazást megelőző talajhőmérséklet, lassú vagy gyors hóolvadás stb. Feltételezhető, hogy a vizsgált 20 év alatt ezek a körülmények a legkülönbözőbb mértékben és csoportosulásban érvényesültek és ezért megállapíthatjuk, hogy hatásuk az egész évre vonatkoztatott átlagos beszivárgási százalék kiszámításánál a mértékadó csapadékszázalék döntő szerepe mellett elhanyagolható, illetve a 11% legnagyobb és 4,5% átlagos hibában benne van.

A MECSEKRE MEGÁLLAPÍTOTT TÖRVÉNYSZERŰSÉGEK ÉRVÉNYESSÉGE MÁS KARSZTOS TERÜLETEN

Vitathatónak látszik még az a kérdés, hogy a Mecsek hegységre megállapított összefüggések hogyan vonatkoztathatók más karsztvidékekre.

A megvizsgált terület nem tartozik a legjobban elkarsztosodott vidékek közé. Dolinák, nyílt víznyelők nincsenek rajta, és mégis csaknem 70%-os beszivárgási százalékot lehetett ott kimutatni. Ebből arra következtethetünk, hogy a beszivárgási százaléknak nem a karszt befogadóképessége, hanem a karsztos kőzetre ténylegesen leérkező, tehát a növénytakaró által fel nem használt, illetve vissza nem tartott csapadék mennyisége szab felső határt.

Karsztvidéken a legritkább esetben látunk a felszínen lefutó nagyobb víztömegeket. Ilyenek csak egészen kivételesen heves csapadék után, rövid időre jelentkeznek, és mennyiségük az egész évi csapadékmennyiség mellett elhanyagolhatóan csekély. A karszt befogadóképessége szempontjából a mecseki megállapításokat tehát nyugodtan vonatkoztathatjuk más karsztos területre is, mert a befogadóképesség amúgy sincs a felső határig igénybe véve.

A terep lejtési viszonyai szempontjából a mecseki tapasztalatok más karsztvidéken is hasznosíthatók, mert a mecseki lejtésviszonyok általában hasonlóak a többi karsztos hegységekéhez. Ha vannak is meredekebb hegyoldalak, pl. a *Bükk-hegységben*, ezekkel kapcsolatban figyelembe kell vennünk, hogy a meredek hegyoldalak karsztvidéken általában fennsíkokat határolnak, amelyek a meredek lejtők kedvezőtlenebb beszivárgási viszonyait ellensúlyozzák.

Karsztos vízgyűjtőterületek megállapításánál természetesen nem elegendő csak magának a karsztos felszínnek a kiterjedését a térképről lemérni, hanem figyelembe kell venni a szomszédos nem karsztos területeket is, amelyek felszínén lefutó vizüket a karsztra átadhatják. Magyarországi viszonylatban elég ritka az ilyen eset, mert nem karsztos kőzetek szomszédságában általában a karsztos földközépkori képződmények alkotják a magasabban fekvő terep főtömegét.

A beszivárgási százalékot döntően a növénytakaró befolyásolja, tehát ebből a szempontból elég lényeges, hogy a mecseki viszonyok ne legyenek nagyon eltérőek azoktól, amelyeknél a számításokat alkalmazni akarjuk. Tülevelű erdővel borított és teljesen kopár karsztvidéken nyilván nagyobb a beszivárgási százalék. Nálunk azonban kevés ilyen terület található.

A BESZIVÁRGÁSI SZÁZALÉK MEGÁLLAPÍTÁSÁNAK GYAKORLATI JELENTŐSÉGE

A mértékadó csapadékszázalék alapján megmagyarázható a bővizű tatai *Pokol-forrás* és a *Zámolyi-forrás* 1949-ben történt feltűnő apadása, majd teljes kiszáradása, amire eddig nem lehetett kielégítő magyarázatot adni. Kétségtelen, hogy 1949-ben átlagon aluli volt a *Pokol-forrás* szempontjából szóbakerülő 439 mm-es évi csapadékmennyiség. De az elmúlt 40 év alatt voltak ennél kisebb évi csapadékok is, és a forrás mégsem apadt el. Például 1943-ban 422 mm, 1921-ben 414 mm és 1917-ben 408 mm volt az évi csapadék. Az 1949. évi katasztrofálisan alacsony beszivárgási százalékot az okozta, hogy ez évben a mértékadó csapadék az átlagos 147 mm helyett csak 42 mm, a mértékadó csapadékszázalék tehát 9,5% volt, míg 1943-ban 22%, 1921-ben 30% és 1917-ben 37% volt ez a döntő tényező és ezért nem apadt el a forrás a kisebb évi csapadékmennyiség ellenére sem.

Az elmúlt 50 évben egyetlen egyszer sem voltak a beszivárgás szempontjából annyira kedvezőtlen csapadékviszonyok, mint 1949-ben, amiért is megismétlődésük csak igen kis valószínűséggel várható.

A mértékadó csapadékszázalék segítségével magyarázatot találunk a Bükk-hegység forrásainak 1952. és 1953. évi hozamában mutatkozó látszólagos ellentmondásokra is.

Az országos forrásnyilvántartás keretében rendszeres, havonta, vagy még sűrűbben végzett mérésekkel ellenőrzött bükkhegységi források hozama 1953-ban a kisebb csapadék ellenére nagyobb volt, mint 1952-ben, amikor az évi csapadék-összeg átlagon felüli volt. Az ismertetett eljárással kiszámított beszivárgási százalék azonban 1952-ben 30, 1953-ban pedig 49 volt, ami fényt derít a látszólagos ellentmondásra.

A bükkhegységi forrásmérések alapján alkalom nyílt arra, hogy a számítási eljárás érvényességét a *Bükk-hegységre* is ellenőrizzük. Az említett két év igen eltérő csapadékviszonyai és forráshozamai alapján a Bükk-hegység összes forrásainak együttes vízgyűjtőterülete az 1952. évi adatok alapján számítva 172,3 km², az 1953. évi adatok alapján 177,8 km²-nek adódott. A két szélsőséges év adatai tehát alig 3%-kal eltérő eredményre vezettek. A két értékből számított 175,0 km²-es átlaggal szemben a Bükk-hegység tényleges, térképről lemérhető karsztos területének nagy-

sága 176,0 km², amihez még 14,8 km² nem karsztos, de vizét a karsztra átadó terület csatlakozik. A karsztforrások egész tényleges vízgyűjtőterülete tehát, — az 1 : 25 000 méretarányú, szintvonalas földtani térképről planiméterrel lemérve, — 190,8 km², ami csak 8%-kal tér el a számított értéktől. A számítás egyébként nem az együttes forráshozamokra, hanem minden forrásra külön történt, és a végeredmény az egyes források vízgyűjtőterületének összeadásából adódott. A beszivárgási százalék megállapításánál az egyes források vízgyűjtőterületére mértékadó csapadékmérő állomások adatait külön-külön vettük figyelembe.

A beszivárgási százalék és a csapadékvizszonyok összefüggésének ismerete alapján már egyévi forráshozamméréssel megállapíthatjuk a források vízgyűjtőterületének nagyságát és megállapíthatjuk azt is, hogy valamely ismert nagyságú karsztos területnek teljes beszivárgott vízmennyisége ismert forrásokban jelenik-e újra meg, vagy pedig a karsztra támaszkodó vízvezető rétegek közvetítésével távolabbi befogadó felé távozik?

A mértékadó csapadékszázalék egyes tényezőinek ismerete alapján bizonyos mértékben előre megbecsülhetjük valamely forrás vízhozamát. Ha pl. valamely év javítást adó csapadékszázaléka igen alacsony és a következő év első négy havi csapadékösszege is az átlagos alatt marad, nagy biztonsággal következtethetünk arra, hogy az év hátralévő 8 hónapjában a forrás hozama átlagon aluli lesz. Így pl. már most (1954. március hó) megállapíthatjuk, hogy az idei forráshozamok nagy valószínűséggel lényegesen az átlagos értéken aluliak lesznek.

Ha valamely forrás vízgyűjtőterületének nagyságát egy- vagy kétévi vízhozammérés alapján megállapítottuk, az országos csapadékmérőhálózat 40 évi adatainak felhasználásával 40 évre visszamenőleg ki tudjuk számítani a forrás vízjárását és tulajdonképpen 40 éves mérési eredményt pótolhatunk. Végeredményben megállapíthatjuk a forrás valószínű legkisebb, legnagyobb és átlagos évi vízhozamát és a különböző vízhozamok gyakoriságát.

A karsztból — amint már tanulmányunk elején hangsúlyoztuk — csak annyi vizet tudunk tartósan kitermelni, amennyi a csapadékból beszivárog. A mértékadó csapadékszázalék és az évi csapadékösszeg ingadozásának megfelelően az évi beszivárgott csapadékmennyiség és a források hozama is ingadozik. Vízgazdálkodási szempontból akkor járunk el helyesen, ha a mesterséges karsztvíz-termelésnek a természetes forráshozamokat kiegyenlítő szerepet szánunk. Ez azt jelenti, hogy mesterséges vízfeltárással a források kis vízhozama idején nyúlunk a karsztban tározott vízhez, ahonnan a vizet kölcsönvesszük, míg kedvező csapadékeloszlású időben a források megnövekedett hozama feleslegessé teszi a mesterséges vízkitermelést és a bőséges beszivárgás folytán a mélykarsztból kölcsönvett vízmennyiség újra pótlódik. Ezáltal természetesen csökken a források maximális vízhozama, amely azonban amúgyis felhasználhatatlanul elfolyt. A karsztot tehát végeredményben hatalmas természetes tározómedencének kell tekintenünk. De ugyanúgy, ahogy valamely mesterséges víztározóból is csak bizonyos vízgazdálkodási terv szerint vehetjük ki a vizet, a karsztot sem meríthetjük ki korlátlanul, hanem ügyelnünk kell arra, hogy a mesterségesen és természetesen kitermelt vízmennyiség a beszivárgott vízmennyiséggel sokévi átlagban egyensúlyban legyen.

A hosszú évekre vonatkoztatott átlagos beszivárgási százalékot csapadékmérő állomásaink adatai alapján ma már bármelyik karsztos területre meg tudjuk állapítani. A számítás pontosságára jellemző, hogy pl. a Mecsekben 20 év mérései alapján a beszivárgási százalék átlagosan 38%, a 40 évi csapadékadatok alapján számított átlagérték pedig 39,5%. A Bükk-hegységre számított átlagérték 35%, a Bakonyban 38%, a Balatonfelvidéken és a Keszthelyi hegységben 36% a hosszú évek átlagára számított beszivárgási százalék.