

Vízügyi közlemény

1969.

A MAGYARORSZÁGI KARSZTVÍZKUTATÁS JELENLEGI HELYZETE

DR. BÖCKER TIVADAR¹

A karsztvíz tudományos kutatásának Magyarországon igen szoros kapcsolata van a gyakorlattal. Az ipari tapasztalatok szinte késedelem nélkül érkeznek a Kutató Intézetbe és ott azok felhasználásával dolgoznak a gyakorlati problémák megoldása érdekében. Vizsgáljuk meg egy kissé ezt az ipari háttretet, mely a tudomány és a gyakorlat együttműködését megköveteli.

Magyarország széntermelésének több mint 40%-a, *bauxittermelésének* csaknem 100%-a, *mangánérc termelésének* közel 100%-a a karsztvízszint alól történik. A karsztvízvesztély és a bányákból felszínre hozott karsztvízhozam is nagy. Közvetlen kapcsolatban van a karsztvízzel a kőolajbányászat egy része is. A vízgazdálkodás-, az egészségügy és az idegenforgalom számára legjelentősebb hideg, langyos és melegvíz-források karsztvízből táplálkoznak. A szivattyúzott, vagy a forrásokban jelenleg, ill. a jövőben felszínre jutó és hasznosított karsztvíz mennyisége a következő:

	Felszínre jutó karsztvíz az		
	1959	1965	1975
	években (millió m ³ /év)		
Bányavíz	87	201	447
Ivó- és iparivíz	60	65	65
Gyógy- és fürdővíz	64	39	26
Összesen:	211	305	572
Az 1959. év százalékában	100%	142%	270%

ahol a +-al jelölt összefüggésvizsgálatokkal becsült adat.

Látható, hogy 15 év alatt a karsztvíztermelés több, mint kétszeresére növekszik. Ez a növekedés új létesítményekkel (bányák, vízművek, fürdők, stb.) kapcsolatos, amelyek beruházási költsége nagymértékben függ a tudományos kutatás eredményétől. A közgazdasági számítások igazolják, hogy a kutatás legújabb eredményeinek közvetlen felhasználása egyes bányüzemek beruházási költségeit 10–15%-kal is csökkentheti. Egy nagyvízhozamú (40 m³/perc) karsztvízműből termelt víz önköltsége közel egyenlő lehet a magyarországi legolcsóbb felszíni vízmű fajlagos önköltségével. Ezek a tények teszik megalapozottá, szükségessé és fontossá a magyarországi karsztvízkutatást.

¹ Dr. Böcker Tivadar bányamérnök, a Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet tud. osztályvezetője (Budapest).

Szerző célkitűzése, hogy a részleteket kerülve, tájékoztató képet adjon a magyarországi karsztvízkutatásról. Az ismertetés az utóbbi öt évben megjelent, mintegy 50 jelentősebb, magyarnyelvű publikáció figyelembevételével készült. Ezek ismét megtalálhatók a VITUKI négy nyelvű (angol, francia, német, orosz) „Hidrologiai Bibliográfia” című kiadvány sorozatában.

A kutatás fő célja: a karsztvíz mozgásjelenségeinek vizsgálata. A karsztos kőzetbeni vízmozgás sajátosságainak megállapításához feltétlenül ismerni kell:

- az egységesnek tekinthető repedéshálózat térbeli kiterjedését,
- a karsztvíz nyomásviszonyait és gradiensét,
- a vízutánpótlódási viszonyokat,
- a szivattyúzások és a források helyeit,
- a szivattyúzott vízmennyiségeket és a források vízhozamát.

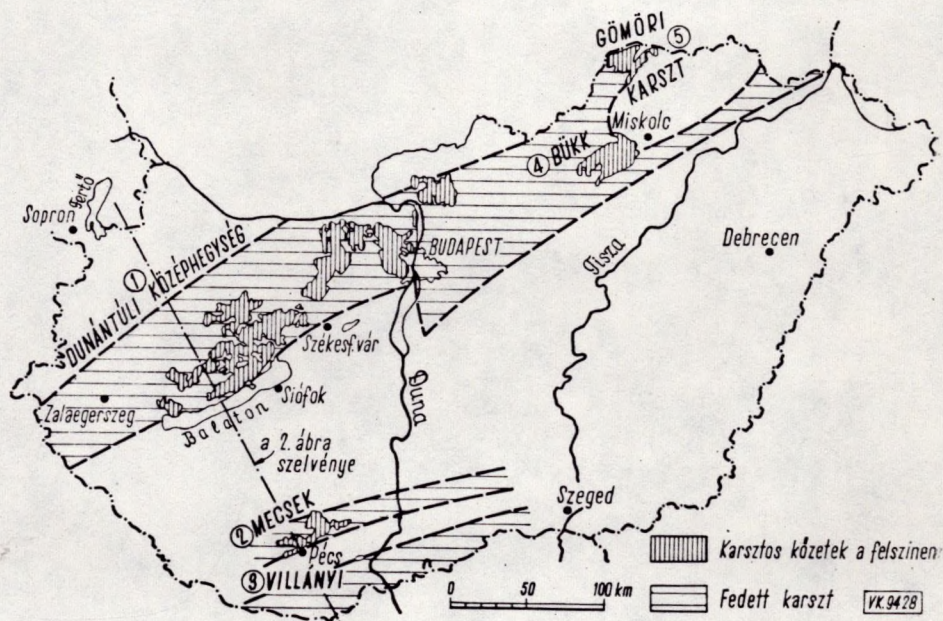
1. Magyarország karszterületei és az egységesnek tekinthető repedésrendszerek

A magyarországi karszterületek (1. ábra) két típusba sorolhatók: 1. *felszínen levő* karsztos kőzetek és 2. *elfedett* karsztos kőzetek.

A *fedett karszt* lényegesen nagyobb kiterjedésű, mégis a karsztos egységeinket a felszíni karsztos hegységeink szerint különítjük el. Ennek magyarázata a 2. ábrán található.

A *felszíni karszthegységek* a szerkezeti vonalak mentén lépcsőzetesen süllyednek a mélybe. Minden karsztos egység lényegében egy felszíni és a hozzá csatlakozó fedett karsztvíztároló-rendszerből tevődik össze. A földtani és geofizikai kutatások szerint ezekre az egységekre a *töréses szerkezet* jellemző. Az 1. ábrán egytől-ötig terjedő sorszámmal láttuk el a karsztos egységeket. Ezek a következők:

1. *Dunántúli Magyar Középhegység*, melyre a töréses szerkezet jellemző, gyakori vízszintes eltolódásokkal és hosszanti feltolódásokkal. Mégis a vonulat egyes



1. ábra. A felszíni és a fedett karszt elterjedése Magyarországon
 Рис. 1. Распространение поверхностного и покрытого карста в Венгрии
 Fig. 1. Areas of open and covered karst in Hungary

nek vizsgálata. A karsztos
oz feltétlenül ismerni kell:
i kiterjedését,

hozamát.

ínthető repedésrendszerek

bsba sorolhatók: 1. felszínen

gis a karsztos egységeinket
nek magyarázata a 2. ábrán

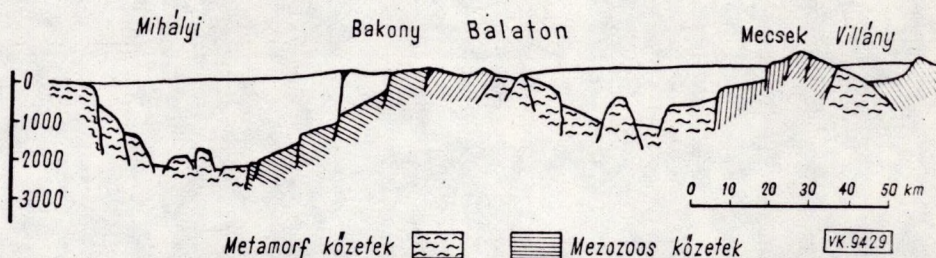
tén lépcsőzetesen süllyed-
lszíni és a hozzá csatlakozó
ani és geofizikai kutatások
s. Az 1. ábrán egytől-ötig
ek a következők:
öréses szerkezet jellemző,
kal. Mégis a vonulat egyes



Karsztos kőzetek a felszínen:

Fedett karszt VK.9428

Magyarországon
карта в Венгрии
Hungary



2. ábra. A felszíni és fedett karsztos területek vázlatos ÉNY—DK-i szelvénye az 1. ábrán bejelölt vonalon (Vadász után)

Рис. 2. Схематичное сечение в СЮ—ЮВ направлении поверхностных и покрытых карстовых территорий по линии, показанной на рис. 1. (по Вадас)

Fig. 2. Diagrammatical NW-SE profile through open and covered karst areas along the trace indicated in Fig. 1. (after Vadász)

részei között fáciesbeli és szerkezetbeli különbségek vannak. A szerkezetbeli különbségek különösen a mozgások mértékében mutatkoznak.

2. A Mecsek-hegység törvegyűrt szerkezeti jellegű. Tektonikailag a Dunántúli Középhegységtől elkülönül. Ezt az elkülönülést (lásd 2. ábra) a két vonulat közötti kaledonid-variszitid terület okozza.

3. Villányi-hegység a Mecsek-hegységtől független, rétegtanilag és szerkezeti-
leg is eltérő egység észak felé tolódott pikkelyekkel.

4. A Bükk-hegység a dunántúliaktól teljesen eltérő jellegű gyűrt pikkelyes
hegység, Dél felé áttolt boltozatokkal, rétegteknőkkel és pikkelyekkel.

5. Gömöri karszt (nagyobb része csehszlovák területen) töréses szerkezetű,
merev mészkővonulat, a szerkezeti vonalokhoz kapcsolódott kiterjedt barlangokkal.

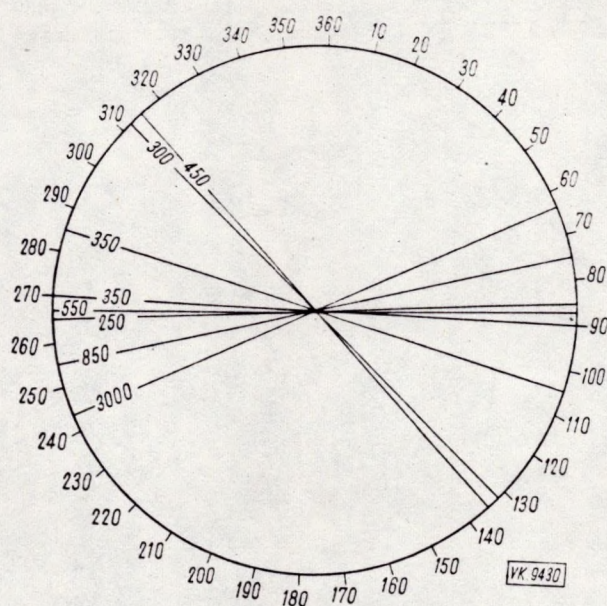
Az öt karsztos egység egymásközötti kapcsolata még nem kellően tisztázott.
A karsztrendszer kapcsolata nemcsak horizontálisan, hanem vertikálisan, a fedő
hegységekkel kapcsolatban is vizsgálni kell. Magyarországon több többé-kevésbé
elkülöníthető karsztvízemelet ismerünk az alsó karbon mészkőtől a pliocén édesvízi
mészkőig terjedően. Ezek közül a legnagyobb kiterjedésű és jelentőségű a mezozoos,
felső triász kori mészkőekben és dolomitokban tárolt karsztvíz — az ún. főkarsztvíz-
emelet.

A víz mozgását a karsztos kőzetekben kialakult járatok szabják meg. Ezért
fontos a vízjáratok karsztos egységenként való tanulmányozása, így a porozitás
és a hézagosság vizsgálata. A karbonátos kőzetek elsődleges porozitásának csak igen
nagy mélységekben van gyakorlati jelentősége. Fontosabb azonban a másodlagos
porozitás, azaz a hézagosság vizsgálata. Ennek felismerése vezetett el a vízjáratok
típusának, irányának és kialakulásának vizsgálatához.

A vízjáratokat 5 típusba sorolhatjuk:

1. szerkezeti vonalak és ezek töréses sávjai,
2. elmozdulás nélküli repedések,
3. réteglapok menti vízjáratok,
4. karsztosodott (oldásos) kisméretű vízjáratok,
5. barlangok és üregek hálózata.

A járatok irányának vizsgálatát a karbonátos kőzetekben kihajtott, több eset-
ben 10 km hosszú bányavágatok szelvényezése, a barlangok és üregek felmérése



3. ábra. Az iszkaszentgyörgyi feltáróvágatok vetődiagramja a 100 l/perc értéknél nagyobb vízhozamú vetőkről
 Рис. 3. Диаграмма сбросов по бурениям, проделанным в Искасентдёрдь с сбросами 100 л/сек расхода
 Fig. 3. Fault diagram of explanatory shafts at Iszkaszentgyörgy. Faults yielding more than 100 lit/min are only shown

tők kereszteződésén vagy azok közvetlen közelében történt és ezek az összes vízmennyiségnek mintegy 50%-át szolgáltatták.

A hézagterfogat tekintetében számos, egymásnak ellentmondó, de a karsztos kőzet jellegéből magyarázható értékről beszélünk, melyek végül is 0.5—30% között váltakozhatnak. Ezt általában a

1. a fúrások maganyagának,
2. bányavágatok szelvényezésének és
3. próbaszivattyúzásoknak

vizsgálatával állapíthatjuk meg.

A legegyszerűbbnek látszik a fúrási maganyagok vizsgálata. A vizsgálati eredmények feldolgozására a 4. ábrán mutatunk be példát.

Sajnos a leggondosabb feldolgozási mód sem ad választ a hézagterfogat tényleges értékére, miután ezt jelentős mértékben azok a részek adják, ahonnan nem kapunk magot. Különösen érdekes az olyan eset, amit egy hévízkarsztot feltáró fúrásban észleltünk, ahol a fúrási szerszám több mint 1400 méteres mélységben 342 métert esett (Budapest, Zugló 1965).

A mészkő és dolomitos tárolók hidraulikai viselkedésének tisztázása érdekében is vizsgáltuk a karsztjaink karbonátos kőzeteit. A mészkő típusú tárolókban (főként a 4. Bükk-hegységben) — a mediterrán területekhez hasonlóan — sokkal lényege-

segítette elő. E szelvényezés és felmérés szerint — eltekintve a réteglapok menti járatoktól — a vízjáratok követik a szerkezeti irányokat. Ez alól a barlangok és üregek hálózata sem kivétel. Az oldásos járatok is az előzetes szerkezeti mozgások okozta vetők mentén keletkeztek.

A járatok eltérő vízhozama alapján megkülönböztethetünk olyan szerkezeti irányokat, amelyek mentén a járatok nagyobb hozamúak. A 3. ábrán példaként bemutatott területen általában az ÉK—DNY-i szerkezeti irányhoz közeli vízjáratoknak nagyobb a vízhozama.

Kimutatták továbbá, hogy a vízhozamokra a járáthálózatok kereszteződési pontjainak döntő szerepe van. Az egyik szénmedencénkben (Dorog) a vízbetörések 28%-a a ve-

segítette elő. E szelvényezés és felmérés szerint — eltekintve a réteglapok menti járatoktól — a vízjáratok követik a szerkezeti irányokat. Ez alól a barlangok és üregek hálózata sem kivétel. Az oldásos járatok is az előzetes szerkezeti mozgások okozta vetők mentén keletkeztek.

A járatok eltérő vízhozama alapján megkülönböztethetünk olyan szerkezeti irányokat, amelyek mentén a járatok nagyobb hozamúak. A 3. ábrán példaként bemutatott területen általában az ÉK—DNy-i szerkezeti irányhoz közelebb a vízhozama.

Kimutatták továbbá, hogy a vízhozamokra a áráthálózatok kereszteződési pontjainak döntő szerepe van. Az egyik szénmedencékben (Dorog) a vízbetörések 28%-a a vetőent és ezek az összes víz-

mentmondó, de a karsztos végül is 0,5—30% között

gálata. A vizsgálati ered-

szat a hézagterefogat tényez-
zek adják, ahonnan nem
egy hévízkarsztot feltáró
1400 méteres mélységben

nek tisztázása érdekében
ípusú tárolókban (főként
onlon — sokkal lényege-

sebb a víz oldó hatása. A járatok keresztmetszete rendszertelen. A barlangosodás, üregesedés elsősorban és főként mészkövekre jellemző. Az erősen karsztosodott, üregesedett és barlangokat alkot óvizjáratok kapcsolatát kisebb, lényegesen szűkebb keresztmetszetű repedések biztosítják.

A mészkövekből fakadó források nagy utánpótlódásukat a nagyobb szelvényű járatokból kapják. A vízmozgás ezért a nagy járatrendszereket összekötő kisebb repedéses zónák mentén gyakorlatilag elhanyagolható. A mészköves tárolókban lehetséges az egyes felszíni víznyelőkhez tartozó járatok elkülönülése.

A dolomitokban a járatrendszerek főleg repedésekhez kötöttek. Ezek méretei nem olyan változóak, mint a mészköves tárolókban. Itt kevésbé vannak megkülönböztetett irányok. Oldásos üregek ritkán fordulnak elő. A víz, a járatok által meghatározott irányok mindegyike mentén mozog.

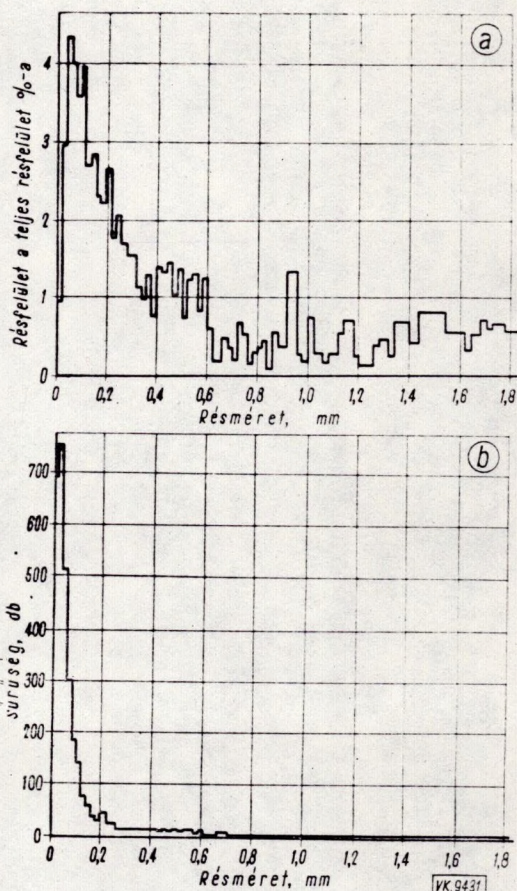
2. A karsztvíz nyomása

A karsztos egységeken belül megkülönböztetünk: 1. szabad felszínű karsztvizet, 2. nyomás alatti karsztvizet.

Mind a szabad felszínű, mind a nyomás alatti karsztvíz szintjéről, nyomásáról csak az állandóan fejlesztett vízszint (víznyomás) megfigyelő hálózat adatai alapján győződhetünk meg kétséget kizáró módon. A Vizgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet Karsztvízkutatási Osztálya 1969. év elején mintegy 300 db megfigyelőkút adatát tartotta nyilván, melyből 93 közvetlen az Intézet kezelésében van.

A kutak javarésze 10—15 éves mérési sorral rendelkezik. Ezekből világossá vált, hogy a statikus, vagy nyugalmi vízszin fogalmának használata félrevezető, mert mechanikus szemlélet eredménye; a többféle hatás és ellenhatás eredményeként létrejövő folytonos változásból egy állapotot önkényesen kiragad.

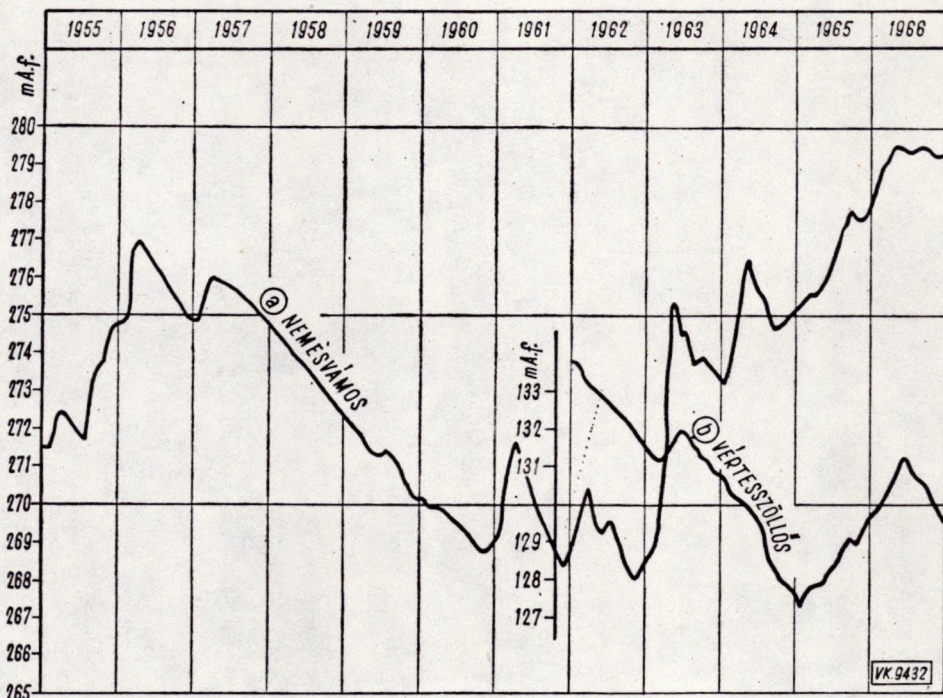
Az egyes típusok fogalmának meghatározása után típusonként vizsgáljuk meg a vízszin, illetve víznyomásváltozás szabályszerűségeit.



4. ábra. Repedésméret eloszlási histogramm (a) és gyakoriság (b) (Doleschall után)

Рис. 4. Гистограмма распределения размеров трещин а) и повторяемость б) (по Доляшал)

Fig. 4. Frequency of size distribution for fissures after Doleschall



5. ábra. Egy zavartalan (Nemesvámos) és egy zavart (Vértesszöllős) karszterület vízszint változásai

Рис. 5. Изменения горизонтов воды на одной ненарушенной (Немешвамош) и на одной нарушенной (Вертеисзёллэш) территории карстовой

Fig. 5. Variations in the water surface under an undisturbed (Nemesvámos) and a disturbed (Vértesszöllős) karstic area

1. Szabad-felszínű karsztvíz a felszín felé nyitott vízjáratokkal rendelkező, karsztos kőzetekben tárolt víz. A vízszin alatt az egyes repedések vízzel teljesen kitöltöttek, míg a vízszin felett atmoszférikus nyomású levegő helyezkedik el. Ennek a karsztvízszintnek dinamizmusát befolyásolják:

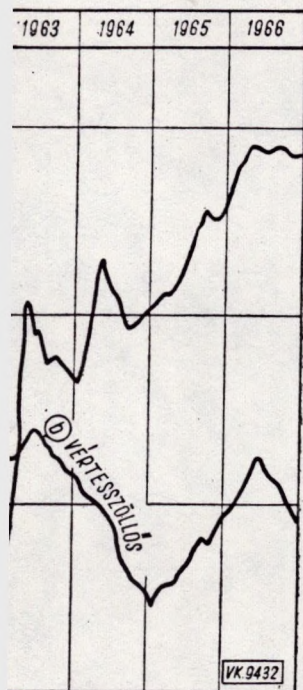
a) a beszivárgás és a természetes megcsapolás: a tavaszi időszakban a karsztvíztükör hirtelen emelkedő, majd utána állandó jelleggel süllyedő irányzatú,

b) a felszíni domborzat, mely a felszíni topográfia révén vízrekesztő kőzetek csapadékát is rávezetheti a karsztra. Ez a víz máskülönben semmiképpen sem juthatott volna a karszt-tárolóba,

c) a földtani felépítésnek akkor van szerepe, ha a karsztos kőzeteken nem karsztos, de vízáteresztő kőzetek települnek és a karsztvíz szintje ebben ingadozik,

d) a hosszúidejű meteorológiai periódusok hatására a periódusokon belül tíz méteres változások is lehetségesek,

f) a földkéreg ár—apály jelenségei, a hasadékok a hold járásának megfelelően ritmikusan tágulnak, illetőleg szűkülnek és ez a ritmikus mozgás K-ről Ny-felé a tapasztalat szerint „lassan előrehalad”. (Kísérleti mérések 1966-ban.)



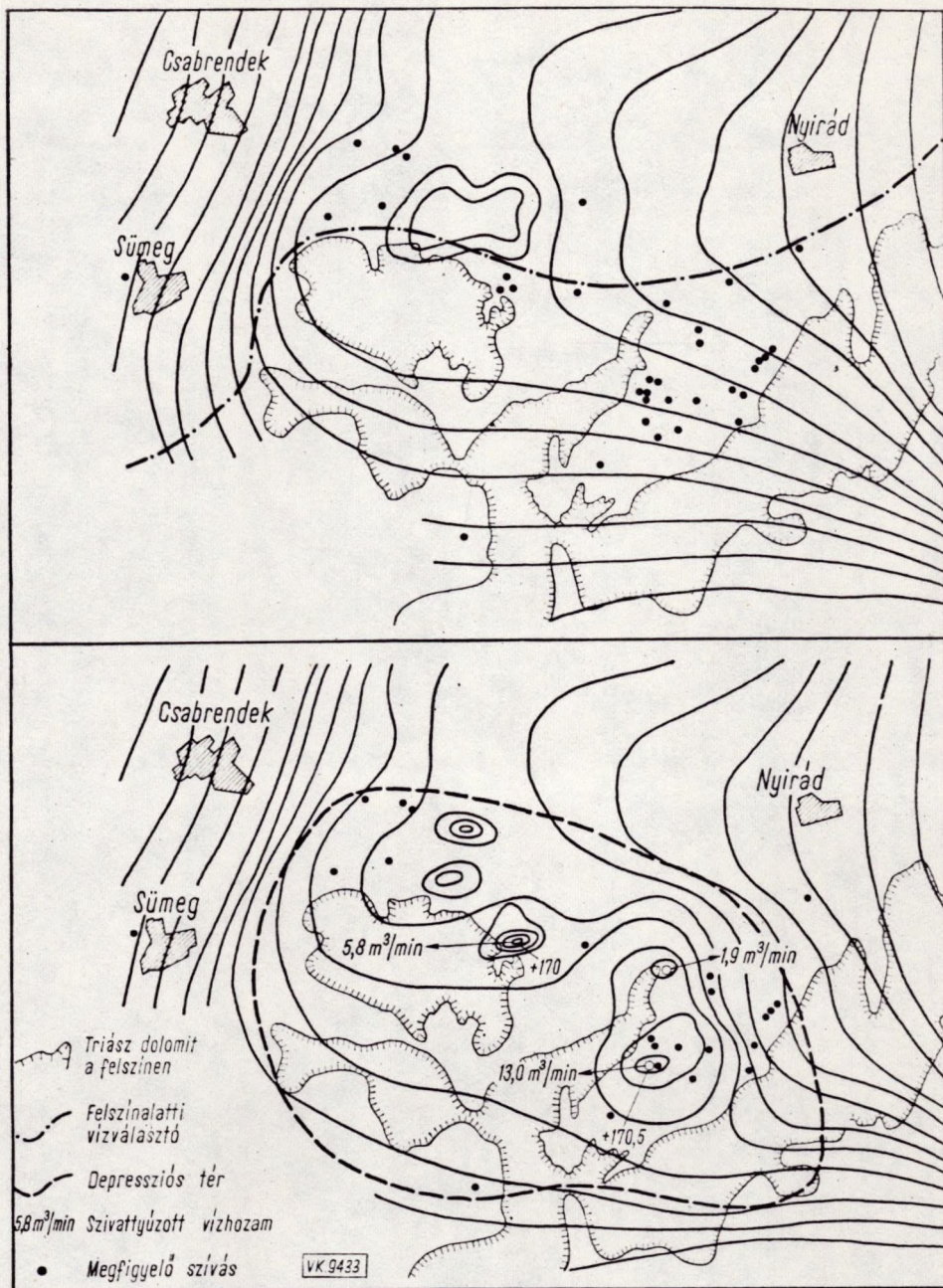
tesszőllős) karszterület víz-
 мешаюмош) и на одной нару-
 повои
 rbed (Nemesvámos) and a
 'ea

atokkal rendelkező, karsztos
 rízzel teljesen kitöltöttek,
 kedik el. Ennek a karszt-

zi időszakban a karsztvíz-
 ülyedő irányzatú,
 éven vízrekesztő kőzetek
 önben semmiképpen sem

karsztos kőzeteken nem
 z szintje ebben ingadozik,
 a periódusokon belül tíz-

ld járásának megfelelően
 us mozgás K-ről Ny-felé
 ísek 1966-ban.)



6. ábra. A karsztvízszint alakulása a nyirádi bauxitbánya körzetében: a = a bányavíz-
 termelés megkezdése előtt (1959-ben) és b = 3 év múlva

Рис. 6. Формирование уровня карстовых вод в окрестности бокситовой шахты Нырад; а) перед
 началом выработок (в 1959 г.) и б) через 3 года

Fig. 6. Changes in the karstic water level in the vicinity of the Nyrád bauxite mine.
 a = before pumping of mine water (in 1959), b = after 3 years

2. *Nyomás alatti karsztvízről* beszélünk, ha a karsztos kőzetekre vízzáró kőzetek települnek és ezek meggátolják a nyílt karsztvíztükör kialakulását. A nyomás igen tág határok között mozoghat, néhány atmoszférától többszázig. A rendszer nyomásállapotát több tényező alakítja ki:

a) *a szabad felszíni karsztvíz* vízszíntingadozása által meghatározott ún. „hidrosztatikai” nyomás, amely a fedett karszt települési mélységétől függ.

b) *a karsztvíz hőmérséklete*,

c) *a karsztvíz vegyi összetétele*, különösképpen az oldott gáztartalom. Ez esetben kétfázisú rendszerről (gáz, víz) van szó. Ilyenkor a gáztartalom a víz nyomásállapotát a nyílt karsztvízszín által meghatározott nyomásérték fölé emeli.

A karsztvíz nyomásváltozása igen hamar terjed a rendszerben, mivel a vízjáratok gyakorlatilag nem összenyomhatók. A nyomásváltozás terjedését a járatok érdessége, azok találkozási pontjain a nyomásvesztések stb. késleltetik.

A budapesti kutak közötti összefüggést vizsgálva intenzív szivattyúzással megváltoztattuk az eredeti nyomásállapotot. A 4—6 km távolságban levő megfigyelőkutakban a nyomásállapot megváltozása 1—6 óra alatt volt mérhető.

A nagy nyomás és hőmérséklet tartományokban figyelembe kell venni a karsztvíz összenyomhatósági és hőtágulási tényezőjét is. Így az összefüggő szabad felszíni és nyomás alatti karsztnál a vízszíntek, ill. víznyomások összehasonlításánál bizonyos korrekciós tényezőt kell alkalmazni.

Mind a vízszint, mind a víznyomás változás okai között döntő tényező az ember szerepe, az általa előidézett mesterséges megcsapolás.

Az 5. ábrán az „a” diagram egy zavartalan karszterület, a „b” görbe egy mesterségesen megcsapolt terület vízszíntjének alakulását mutatja be. Az (a) fúrás víznívójának alakulásán szembeűnően lemérhető az utóbbi évek átlagosnál nagyobb beszivárgása. A karsztvízszint itt minden eddigi értéket több, mint két méterrel haladja meg. Jellemző az is, hogy az utóbbi két évben még a tavasz végén szokásos süllyedés is elmaradt.

A (b) fúrás ezzel szemben arról tanúskodik, hogy a bányászat víztermelő hatására, a kedvező beszivárgási viszonyok ellenére is erősen süllyed a karsztvízszint. 1965 elején a víztermelés változása kedvezően befolyásolta a víznívó alakulását.

A 6. ábrán bemutatjuk a *Dunántúli Magyar Középhegység* egyik területén (Nyírad) a karsztvízszint alakulását a bányavíztermelés megkezdése előtt (1959) és 3 év múlva, amikor a depressziós pontokban már közel 5 méteres a süllyedés.

3. A karsztvíz utánpótlódása

A felszíni és fedett karsztvíz utánpótlódását a csapadék szolgáltatja. A beszivárgó csapadék mennyisége számos tényezőtől, nem utolsósorban a karszt-morfológiai jelenségektől függ. A karsztos felszín dolinái, víznyelői stb. — főként a mészkőkarsztokon (Bükk-hegység) — az utánpótlódás fő helyei. Ezek elsősorban a szerkezeti vonalak mentén, leginkább azok találkozásainál keletkeznek, amint ezt a 7. ábra is mutatja.

A csapadékból utánpótlódó víz mennyiségének meghatározására Kessler—Hubert kidolgozta a beszivárgási százalék megállapításának módszerét. Ez azt mutatta, hogy az utánpótlódás szempontjából az év első négy hónapjában lehulló csapadék a mértékadó. Azonban az is lényeges, hogy ez hány százaléka az egész

s kőzetekre vízzáró kőzetek alakulását. A nyomás igen szűk. A rendszer nyomás-

által meghatározott ún. ársi mélységtől függ.

lott gáztartalom. Ez eset-
gáztartalom a víz nyomás-
másérték fölé emeli.

rendszerben, mivel a víz-
ltozás terjedését a járatok
ek stb. késleltetik.

intenzív szivattyúzással
m távolságban levő meg-
a alatt volt mérhető.

figyelembe kell venni a
Így az összefüggő szabad
nások összehasonlításánál

olt döntő tényező az ember

terület, a „b” görbe egy
sát mutatja be. Az (a)
z utóbbi évek átlagosnál
ji értéket több, mint két
vben még a tavasz végén

a bányászat víztermelő
ősen süllyed a karsztvíz-
lyásolta a víznívó alaku-

hegység egyik területén
megkezdése előtt (1959)
l 5 méteres a süllyedés.

idék szolgáltatja. A be-
utolsósorban a karszt-
víznyelők stb. — főként
helyei. Ezek elsősorban
d keletkeznek, amint ezt

ghatározására Kessler—
nak módszerét. Ez azt
égy hónapjában lehulló
ány százaléka az egész

évi csapadéknak. Ez a mértékadó csapadékszázalék. Növeli még a beszivárgást az év utolsó négy hónapjában lehulló csapadék. Ez telíti a repedéshálózatot. Ezért egy korrekciós állandót kell meghatározni, amely az utolsó négyhavi csapadék mennyiségének és az ugyanazon négy hónap sokéves csapadékát-
lagának arányától függ. A korrekciós állandóval — megállapítása tapasztalati adatok alapján történt — növeljük a mértékadó csapadékszázalékot és kapjuk — a korrigált mértékadó csapadékszázalékot. A beszivárgási százalék a 8. ábrán levő görbéről olvasható le a korrigált mértékadó csapadékszázalék függvényében. Ez azonban csak a felszíni karsztokra érvényes.

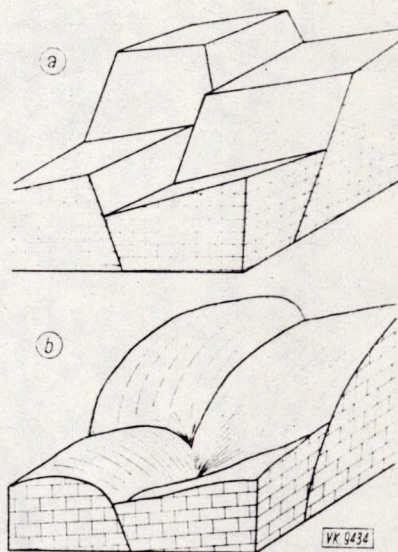
Újabb vizsgálatok szerint a karsztvíz a csapadékból azokon a területeken is utánpótlódik, ahol a karsztos kőzet felszínén kisáteresztő-képességű fedőösszlet települ. Több száz fúrásban végzett víznyelési kísérlet igazolta, hogy a fedőkőzetek nyelőképessége kisebb — legjobb esetben egyenlő — a karbonátos kőzetek nyelőképességével. Ily módon állapította meg a szerző a kőzetek beszivárgási mutatóját, amely mutatja hogy a felszíni kőzet beszivárgási százaléka hányadrésze a felszíni karsztos kőzetekének (9. ábra).

A karsztos kőzetekben tárolt vízkészlet két részből tevődik össze: 1. statikus és 2. dinamikus készletből.

A statikus karsztvízkészlet az egy időpillanatban, — az akkor mért vízszint alatt, — a karsztos kőzet hézagait, üregeit, barlang és egyéb vízjáratait kitöltő vízmennyiség. Mivel a vízjáratok (hasadékok) a kőzetet teljes vastagságában átjárják, a statikus vízmennyisége jelentős. Pl. a Dunántúli Magyar Középhegység felszíni és fedett karsztrendszerében tárolt statikus készlet $29,3 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ (500 m mélységig, 0,5% hézagterefogat).

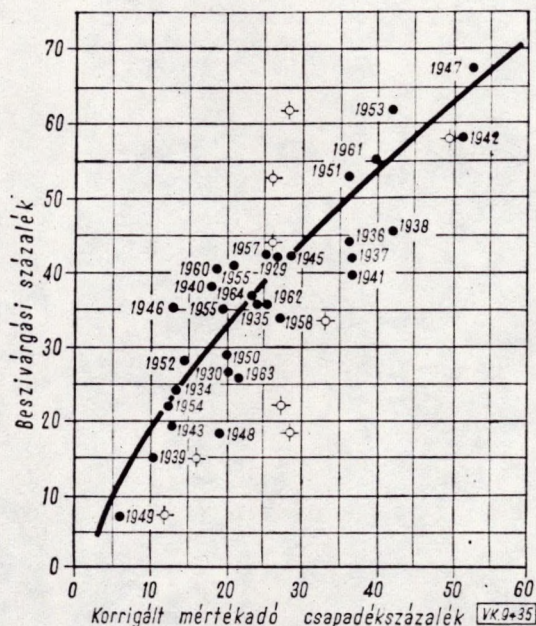
Dinamikus karsztvízkészlet az a vízmennyiség, amely a felszíni karsztos, vagy a hegységperemeken, a karsztos kőzetekre települő kisáteresztő-képességű fedőkőzeteken át a csapadékból állandóan utánpótlódik. Ez pl. a Dunántúli Magyar Középhegység területén $9 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Összefüggő felszíni és fedett karszt esetében — zavartalan állapotban — a dinamikus készlet jelentős része a karsztforrásokban kerül felszínre. A fedett karszt megcsapolásakor a dinamikus készlet megoszlik a megcsapolás és a források között. A dinamikus készletnél nagyobb mértékű megcsapolással a források elapadnak és a felszíni karszt fokozatosan kiürül (statikus készlet fogy). Ezért a karsztvíz-gazdálkodás alapelve: a dinamikus készletnél nagyobb mértékű megcsapolást kerülni kell.



7. ábra. Víznyelő kialakulása: a = a triász mészkő felszíne a szerkezeti mozgások után; b = a karsztosodás után
Рис. 7. Возникновение водополотителя, а) поверхность триасного известняка после структурных движений; б) после карстования

Fig. 7. Sink development. a = surface of the Triassic limestone after tectonic movement, b = after karstification



8. ábra. A beszivárgási százalék és a korrigált mértékadó csapadékszázalék összefüggése (Kessler után)

Рис. 8. Зависимость процента инфильтрации и скорректированного расчетного процента осадков (по Кесслер)

Fig. 8. Relationship between infiltration percentage and corrected design precipitation percentage (after Kessler)

sát, a vízhozam, a hőmérséklet és elektromos ellenállás ingadozása alapján. A vizsgálatok igazolták, hogy a CaO/MgO aránynak a magnézium javára történő eltolódásával a megbízhatóság javul. Ennek természetes magyarázata az, hogy a víz a dolomitban finom repedésekben, a mészkőben tágra oldott és erodált üregekben mozog (lásd 2. pont).

A mesterséges megcsapolások nyilvántartása kiterjed a bányák és a vízművek által szivattyúzott karsztvíz mérésére és rendszerezésére. Itt is már több mint 8 éves adatsorral rendelkezünk, mintegy 200 víztermelési helyről. A karszt megcsapolásait, a vízhozamokat havi, éves és tízéves grafikonokon tartjuk nyilván, karszt-egységenként. (Az összesített adatokat lásd a bevezetőben).

5. A karsztvíz áramlása

Az egységesnek tekinthető repedéshálózatban uralkodó nyomásviszonyok, az utánpótlódás és a megcsapolások vizsgálatával lehetőség nyílik a karszthidraulikai sajátosságok megismerésére.

Az alapvető hidraulikai összefüggések megállapítása Magyarországon Öllös Géza nevéhez fűződik. Vizsgálatai szerint a porózus kőzeteknél a szemcsék és a

4. A termelt (szivattyúzott) vízmennyiségek

A Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet kiterjedt észlelő hálózatot hozott létre a karsztot megcsapoló források, kutak és bányák vízhozamának mérésére. Először a forrásvízhozamok mérése indult meg. Az országot nyilvántartási körzetekre osztották és a körzet forrásait feltérképezték. A forráskataszter forrásonként a helyrajzi adatokon kívül tartalmazza: a törzskönyvi számot, a körzet nevét, a forrás nevét, helyrajzi leírását topográfiai térképlap számát, koordinátáját, tengerszint feletti magasságát, geológiai adatait, a vízgyűjtő területet km²-ben, a forrás-foglalás módját, vízhozamát, hőmérsékletét, elektromos ellenállás adatait és a mérések időpontját.

Az Országos Forrásnyilvántartás ma már 15 éves adatsort tartalmaz több mint 1100 forrásról. A fizikai-kémiai tényezők változandóságáról szerzett bizonyítékok lehetővé tették a források megbízhatósági osztályozását és nyilvántartását.

termelt (szivattyúzott)
vízmennyiségek

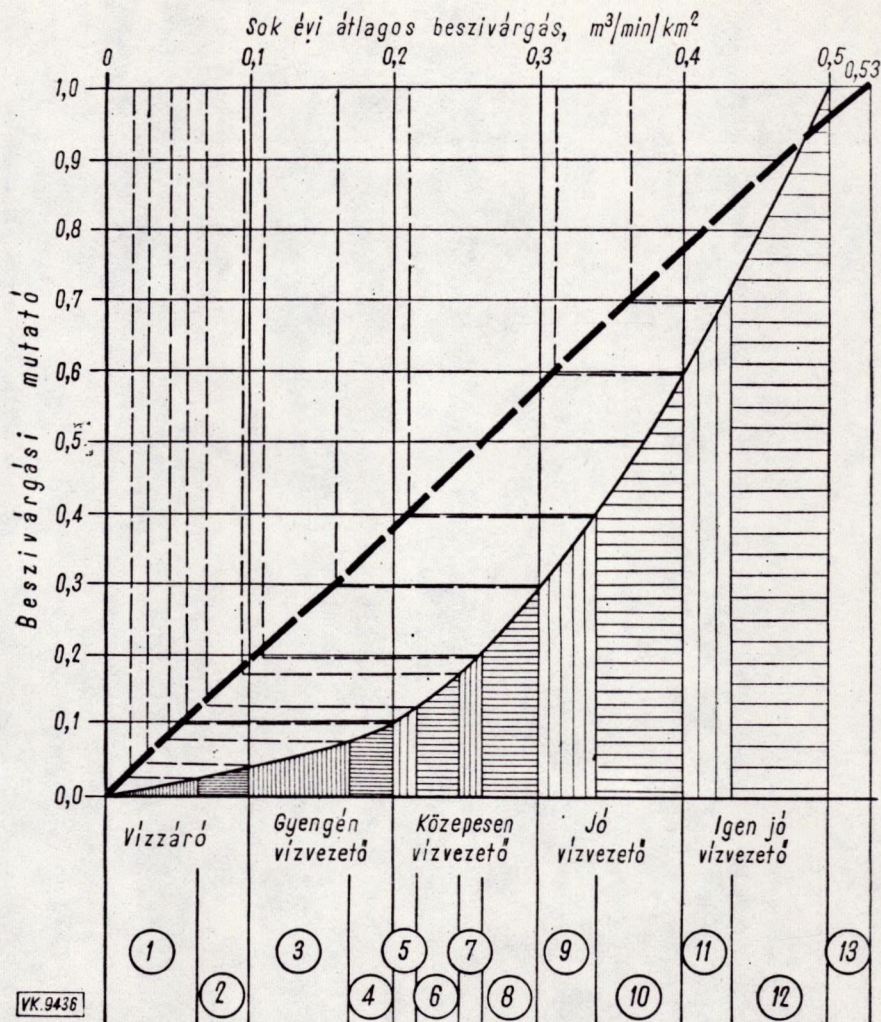
izgazdálkodási Tudomá-
tató Intézet kiterjedt ész-
t hozott létre a karsztot
ló források, kutak és bá-
ozamának mérésére. Elő-
rásvízhozamok mérése in-
Az országot nyilvántar-
tekre osztották és a kör-
ait feltérképezték. A for-
er forrásoként a hely-
okon kívül tartalmazza:
nyvi számot, a körzet
orrás nevét, helyrajzi le-
gráfiai térképlap számát,
iját, tengerszint feletti
t, geológiai adatait, a
területet km²-ben, a for-
s módját, vízhozamát,
tétét, elektromos ellen-
ait és a mérések idő-

szágos Forrásnyilvántar-
r 15 éves adatsort tartal-
mint 1100 forrásról. A
iai tényezők változandó-
rzett bizonyítékok lehe-
t: a források megbízható-
ozását és nyilvántartá-
ingadozása alapján. A
gnézium javára történő
magyarázata az, hogy a
oldott és erodált üre-

a bányák és a vízművek
s már több mint 8 éves
l. A karszt megcsapolá-
artjuk nyilván, karszt-
1).

ó nyomásviszonyok, az
ílik a karszthidraulikai

Magyarországon Öllös
teknél a szemcsék és a



9. ábra. A kőzet, a beszivárgási mutató és a sok évi, átlagos beszivárgás kapcsolata. A kőzet megnevezése a számok szerint: 1 = szarmata és alsó eocén agyag; 2 = felső kréta bauxit; 3 = helvét konglomerátum; 4 = szarmata mészkő; 5 = helvét agyagos kavics és homok; 6 = helvét homokkő; 7 = felső kréta mészkő; 8 = pleisztocén homok és törmelék; 9 = felső miocén mészkő; 10 = középső eocén mészkő; 11 = alsó eocén mészkő; 12 = liász mészkő; 13 = felső triász mészkő és dolomit

Рис. 9. Связь породы, показателя инфильтрации и среднемноголетней инфильтрации. Название породы по цифрам: 1 = сармата и нижнеэоценовая глина, 2 = верхнемелеский боксит, 3 = Хелвет конгломерат, 4 = сарматский известняк, 6 = хелвет песчанник, 7 = верхнемелеский известняк, 8 = плейстоцен песок и обломки, 9 = верхнемiocенный известняк, 10 = среднеэоценовый известняк, 11 = нижнеэоценовый известняк, 12 = лиас известняк, 13 = верхнетриас известняк и доломит

Fig. 9. Relationship between rock type, infiltration index and long-year average infiltration. Rock types indicated by figures: 1 = Lower Eocene clay, 2 = Upper Cretaceous bauxite, 3 = Helvetian conglomerate, 4 = Eocene limestone, 5 = Helvetian clayey gravel and sand, 6 = Helvetian sandstone, 7 = Upper Cretaceous limestone, 8 = Pleistocene sand and debris, 9 = Upper Myocene limestone, 10 = Middle Eocene limestone, 11 = Lower Eocene limestone, 12 = Liassic limestone, 13 = Upper Triassic limestone and dolomite

szemcsék közötti hézagok pontszerűnek tekinthetők. Az áramlási síkból a kitérés minimális, ezért az áramlás síkbeli, a rendszer homogén a repedéses rendszerhez képest.

A repedezett karsztos kőzeteknél a vízvezető térfogat vonalas jellegű, a repedések kapcsolódása gyakorlatilag mindig háromdimenziós. A repedések méretei, térbeli eloszlása élesen eltér a porózus rétegektől. Szélességük, magasságuk több méterig terjedhet. Minél kisebb és szétszórtabb repedésekből áll, a bennük levő szivárgás annál inkább megközelíti a homogén, porózus kőzetekre jellemző szivárgás sajátosságait. Ezért ez a repedezett kőzetekben a vízmozgás egyik — az egyszerűbb — határeseteként fogható fel. A másik határeset a símfalú csövekben történő áramlás. Még az egyedi repedések vizsgálatakor sem lehetséges az áramlást befolyásoló összes tényezők hatásának elkülönített vizsgálata. Ezek közül pl. a repedés mentén a helyi nyomásvesztés sem állandó. Azonban hasonló a helyzet a rendszer különböző pontjaihoz tartozó valamennyi geometriai, kinematikai és a víz anyagi sajátosságát kifejező tényező vizsgálatakor is. Így a repedezett kőzetek járataiban a vízmozgás csakis statisztikai törvényekkel jellemezhető.

A legnagyobb vízszin, illetve víznyomás-esések természetesen a megcsapolási pontok közvetlen környékén jelentkeznek. Az itteni szivattyúzást növelve, a repedésekben csökken a nyomás, de ez a vízkivételi hely környékén különösen nagymértékűvé válik. Ez a tehetetlenségi erők nagy fontosságát mutatja. Azonos repedéshálózatot több helyen megcsapolva, önálló hatásteretek alakulnak ki a közös depressziós térben (10. ábra).

Az ábráról az is látszik, hogy a közös hatásterületen belül áramlási holttér is kialakul. Feltűnő az „A”-val jelölt — hatástéren belüli — vízválasztó jelenléte is. Ez annyit jelent, hogy a depressziós térben nemcsak a megcsapolási pontok, hanem az eredeti áramlási irány felé is van vízmozgás. Itt a víznívó csökkenését az eredeti áramlási irányba jutó lényegesen kevesebb víz mennyisége idézi elő.

Az ábrán a hatástéren belüli vízválasztó kialakulása metszetben is látható. Némely esetben a hatástéren belül egy-egy fúrásba beadott nyomjelző anyag sem a megcsapolási helyeken, sem a forrásokban nem jelent meg. Ennek az áramlási holttér lehet az újabb magyarázata.

Kísérletek voltak a mesterséges megcsapolások vízhozamának előzetes megállapítására. Öllös Géza modellkísérletei arra utalnak, hogy a repedéshálózatban végbemenő áramlás a lamináris, turbulens és az átmeneti tartományába esik. Ezt mutatták a nyomás függvényében a vízhozamra megállapított összefüggések is.

A Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézetben 1967-től kezdődően foglalkoznak a karszthidraulikai törvényszerűségek vizsgálatával. A kutatás során bevezették a fiktív hasadékos — karsztos kőzet fogalmát. A fiktív hasadékos kőzetnek nevezik azt a kőzetmodellt, ahol a vízjáratok rés keresztmetszetűek, a részek egymásra merőlegesek és azonos szélességűek, valamint egyenlő távolságra helyezkednek el egymástól. Számítási módszert dolgoztak ki a fiktív kőzet és a valóságos kőzet hézagtényezőjének, a résméreték függvényében történő meghatározására. Kimutatták hogy a felületi és a térbeli hézagtényező számszerű értéke még a fiktív kőzet esetében is eltér egymástól. A hézagtényező értékének elméleti megfontolásai arra mutatnak, hogy a másodlagos porozitás függvény a térbeli irányoktól, valamint a vizsgált kőzet-térfogat nagyságától is függ.

Az áramlási síkból a kitérés
gén a repedéses rendszerhez

vonalas jellegű, a repedések
A repedések méretei, térbeli
i, magasságuk több méterig
ill, a bennük levő szivárgás
e jellemző szivárgás sajátos-
egyik — az egyszerűbb —
csövekben történő áramlás.
áramlást befolyásoló összes
ül pl. a repedés mentén a
a helyzet a rendszer külön-
ematikai és a víz anyagi
repedezett kőzetek járataiban

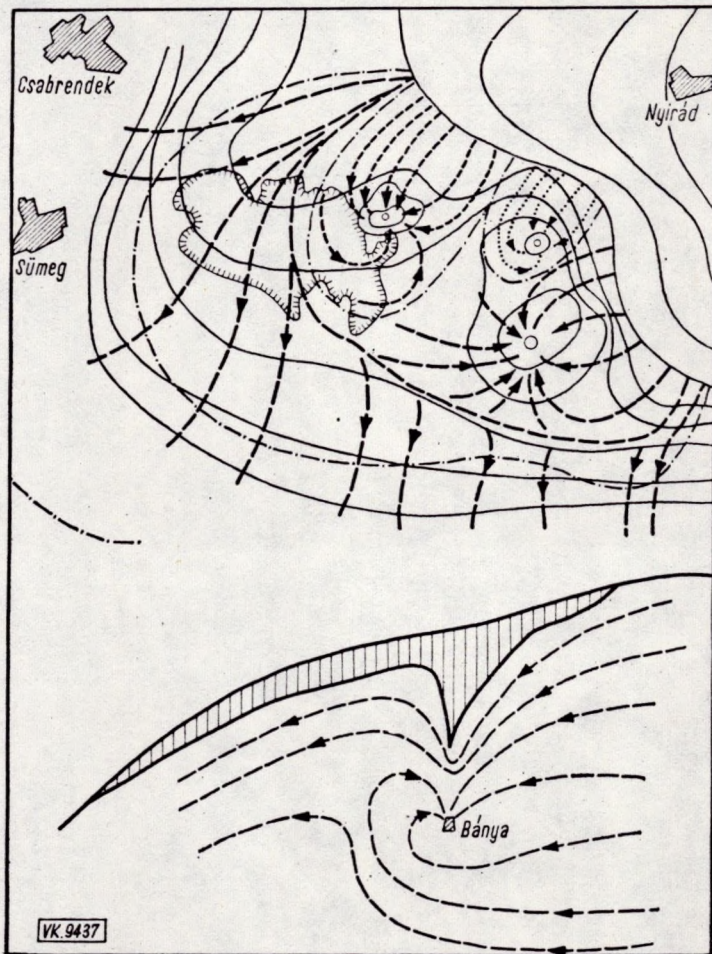
mészeten a megesapolási
vattyúzást növelve, a repe-
örnyékén különösen nagy-
igát mutatja. Azonos repe-
rek alakulnak ki a közös

en belül áramlási holttér is
— vízvásztó jelenléte is.
k a megesapolási pontok,
gás. Itt a víznívó csökke-
tevesebb víz mennyisége

sa metszetben is látható.
dott nyomjelző anyag sem
meg. Ennek az áramlási

iozamának előzetes meg-
hogy a repedéshálózatban
i tartományába esik. Ezt
megállapított összefüggé-

1967-től kezdődően foglal-
val. A kutatás során be-
A fiktív hasadékos kőzet-
resztmetszetűek, a rések
nyenlő távolságra helye-
ktív kőzet és a valóságos
irténő meghatározására.
szerű értéke még a fiktív
k elméleti megfontolásai
rbeli irányoktól, valamint



10. ábra. Az önálló hatásterek és a hatástéren belüli vízvásztó kialakulása

Рис. 10. Создание самостоятельных пространств влияния и внутри пространств влияния возникновение водосбора

Fig. 10. Independent influence spheres and development of watershed within the influenced sphere

Sor került a fiktív hasadékos kőzetmodell megépítésére, valamint annak Darcy modellként való vizsgálatára és a vízmozgásra ható erők különböző résméret mellett történő elemzésére. A modell kísérletek mellett vizsgálják a terepi kísérletek által szolgáltatott paraméterek közötti kapcsolatot és kibernetikai rendszer elemzéssel próbálják a nagy területekre érvényes összefüggéseket feltárni. Sor kerül a modell és a valóság összehasonlítására is.

A bányászatban dolgozó szakembereink (*Willems, Keserü*) tapasztalati képleteket vezettek be a várható karsztvíz-hozamok előzetes megállapítása céljából.

Meg kell azonban állapítanunk, hogy a karsztvíz áramlási sajátosságainak megismerése terén még a kezdeti lépéseknél tartunk. Mégis a karszthidraulika *néhány alapvető kérdésére* — vizsgálataink alapján — ma már a gyakorlati igényeket kielégítő módon tudunk választ adni.