

Természetes radioizotópok alkalmazása a felszínalatti vizek kutatásában

DEÁK JÓZSEF

A dolgozat a természetes radioizotópok felszínalatti hidrológiában történő alkalmazásával foglalkozik.

Ismerteti a C-14 kormeghatározás elméletét. Két koradat alapján a Mátraalján az Alföld felé irányuló, 0,6 m/sec átlagos sebességű vízáramlást valószínűsít a felső pannon rétegekben.

Trícium- és deuterium-adatok alapján vizsgálja a Nagyikunság területén a talaj- és rétegvizek közötti kapcsolatot. A H-3 analízisből levont következtetései:

- a rétegvizek nem kapnak jelentős mennyiségű talajvíz utánpótlást,
- a talajvizek tríciumtartalma a fedőréteg anyagától függően a homokos talajoktól, a löszön keresztül, az agyagig csökken
- a löszös területek talajvizeinek kis tríciumtartalma (50–60 TU) a kapilláris tározódás alapján képzelhető el.

Megállapítja, hogy a Nagyikunság talajvizei utánpótlásukat elsősorban a csapadékvízből nyerik. Ezt alátámasztják a deuterium-elemzési eredmények is.

A Tiszához keveredő mélységi víz mennyiségére – H-3 adatok alapján – $18 \pm 13 \text{ m}^3/\text{sec}$ adódott a Leninváros – Algyő közötti mintegy 300 km-es szakaszra.

Ez az érték azonban pontosabban is meghatározható a műszerparaméterek kimérése, vagy kisebb vízhozamok esetén vett minták elemzése útján.

В работе рассматривается вопрос о применении естественных радиоизотопов в подземной гидрологии.

Описывается теория определения возраста по C-14. По данным двух определений выявляется вероятность наличия потока воды в районе Матраалья в направлении к Большой низменности со скоростью 0,6 м/год в верхнепаннонских пластах.

По данным трития и дейтерия изучаются связи между грунтовыми и пластовыми водами для района Надькуншаг. По анализу H-3 делаются следующие выводы:

- пластовые воды не получают значительного притока грунтовых вод;
- содержание трития в грунтовых водах изменяется в зависимости от вещественного состава покровной толщи; так концентрация H-3 в грунтовых водах уменьшается от песчаных грунтов через лёсс до глин;
- низкое содержание трития в грунтовых водах в лёссовых участках (50–60 ТИ) может быть связано с капиллярностью.

Проведенные исследования позволяют делать заключение о том, что в районе Надькуншаг грунтовые воды пополняются главным образом за счет атмосферных осадков. Это подтверждается и результатами анализа по дейтерию.

Количество глубинных вод, смешивающихся с водой реки Тиссы было определено по данным анализа по H-3 равным $18 \pm 13 \text{ м}^3/\text{сек}$ для участка между гг. Ленинварош и Альдэ длиной 300 км.

Однако, указанная величина может быть уточнена при учете параметров аппаратуры или путем анализа образцов, взятых при меньших дебитах воды.

Verfasser befasst sich mit dem Anwendung der natürlichen Isotope in der Hydrologie der tieferen Schichten.

Zuerst wird die Theorie der Altersbestimmung mittels C-14 erörtert. Auf Grund von zwei Altersdaten wird das Vorhandensein einer Wasserströmung mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 0,6 m/Jahr in den oberen pannonischen Schichten plausibel gemacht, wobei die Strömung im Matraerland gegen die grosse Tiefebene gerichtet ist.

Dann wird auf Grund von Tritium- und Deuterium-Daten der Zusammenhang zwischen den Grundwassern und Schichtenwassern im Gebiet der Nagyikunság untersucht. Aus der H-3-Analyse können folgende Folgerungen gezogen werden:

- die Schichtengewässer erhalten keinen wesentlichen Nachschub aus dem Grundwasser,
- der Tritium-Gehalt der Grundwasser in Abhängigkeit vom Material der Deckschicht nimmt von jenen der Sandschichten über den Löss hindurch bis zum Ton ab,

– der niedrigere Tritium-Gehalt der Grundwässer der Löss-Gebiete (50–60 TU) kann auf Grund der kapillaren Speicherung vorgestellt werden.

Es wird festgestellt, dass die Grundwässer der Nagykszáság ihren Nachschub zu allererst aus dem Niederschlagwasser erhalten.

Dies wird auch durch die Analysen-Resultate nahegelegt. Die Menge des sich mit dem Theiss-Wasser vermengenden Tiefwasser ergab sich – auf Grund der H-3 – Daten – zu $-18 \pm 13 \text{ m}^3/\text{sec}$ auf der Strecke von etwa 300 m Länge zwischen Leninváros – Algyő. Dieser Wert kann aber genauer festgestellt werden durch die Ausmessung der Instrumentenparameter oder auf Grund der Analyse von geringeren Wassererträgen.

A felszínalatti vizek kutatásában alkalmazott radioizotópokat célszerű két csoportba osztani. Az egyik csoportba a felszínalatti vizek korának meghatározására szolgáló radioizotópok, míg a másikba a természetes radioaktív nyomjelzők tartoznak. Dolgozatunkban mindkét alkalmazási módj elméletét ismertetjük és néhány gyakorlati példát hozunk fel hazai alkalmazásukra.

I. A felszínalatti vizek korának meghatározása

A felszínalatti vizek korának – azaz a vizek felszín alá kerülése óta eltelt időnek – ismerete számos hidrológiai problémára adhat választ. Segítségével meghatározható a felszínalatti vizek áramlásának iránya és sebessége, az egyes víztartó szintek vizeinek keveredése, elegendő adat birtokában egy-egy terület felszínalatti vizeinek eredete és utánpótlása.

Mivel a felszínalatti vizek kora – néhány kivételtől eltekintve – a geológiai koroknál lényegesen kisebb, a klasszikus kormeghatározási módszerek (urán-ólom, ólom-ólom, kálium-argon, rubidium-stroncium stb.) nem alkalmazhatók. Másrészt a vizek a felszín alá kerülés pillanatában még nem tartalmazák az említett radioizotópokat, így azok fajlagos aktivitása a vizsgált vizekben nem elsősorban a felszín alatt töltött időre, hanem a tárolóközet radioizotóp koncentrációjára lesz jellemző. A felszínalatti vizek korát kozmogén izotópok segítségével határozzuk meg, amelyek a kozmikus sugárzás hatására folyamatosan keletkeznek a Föld felső légkörében. Az 1. táblázatban ismertetjük a hidrológiai szempontból legfontosabb kozmogén izotópok alapvető magfizikai adatait.

1. táblázat – таблица – Tabelle

Izotóp neve	Bomlás módja	Felezési idő	Kibocsátott sugárzás maximális energiája
H-3	β	12,26 év	18 keV
C-14	β	5700 év	155 keV
Si-32	β	700 év	100 keV
Cl-36	β	$2,6 \times 10^5$ év	714 keV
Be-10	β	$2,7 \times 10^6$ év	556 keV

A H-3 (trícium) kis felezési ideje és a jelenlegi legérzékenyebb műszerek alsó érzékenységi határai alapján maximálisan 50 éves kor meghatározására alkalmazható. A VITUKI-ban működő MODEL 3375 TRI-CARB PACKARD folyadék-szcintillációs spektrométer-rendszer alsó érzékenységi határa trícium-mérésekre egy-két nagyságrenddel nagyobb, mint a proporcionális gázszámlálóké, így hazánkban jelenleg kormeghatározást trícium segítségével nem tudunk végezni.

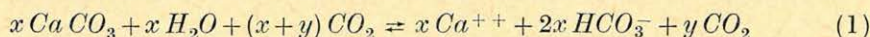
A szilícium-32 segítségével 100–2000 év közötti kor határozható meg. Alkalmazását megnehezíti, hogy rendkívül kis koncentrációban van jelen a vizekben. A világon csupán néhány laboratóriumban folynak kísérletek a Si-32 kormeghatározási célra történő felhasználására.

A C-36 és Be-10, 10^5 – 10^6 nagyságrendű kor meghatározására alkalmas. A nukleáris mérés technika jelenlegi fejlettsége mellett még nem alkalmazhatók, de néhány év múlva hasznos információkat adhatnak a mélységi vizek és kőolajok eredetéről és felszín alatti mozgásáról.

A felszín alatti vizek korának meghatározására jelenleg legalkalmasabb kozmogén izotop a C-14 (radiocarbon), amellyel 2000–70000 éves korok határozhatóak meg.

1.1. A radiocarbon kormeghatározás elmélete

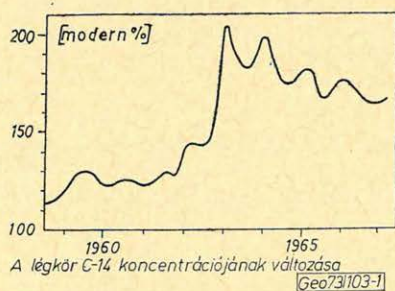
A felszín alatti vizek hidrokarbonát és oldott széndioxid alakjában tartalmazzák a szenet. E komponensek a szinte minden talajban jelenlevő mészkőnek a CO_2 hatására történő oldódása útján kerülnek a vizekbe:



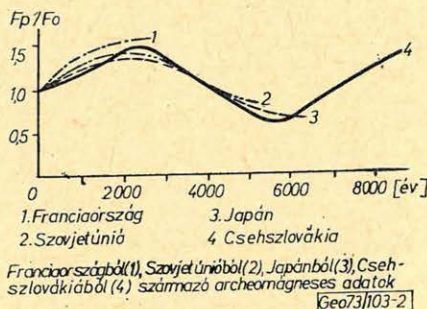
A friss csapadék CO_2 -koncentrációja kicsi (*max 6 mg/l*), az oldáshoz szükséges széndioxid a talaj biológiailag aktív rétegeiben keletkezik, gyökérlégzés és az elhalt növényi szövetek bomlása során. Az (1) képlet alapján a beszivárgó vizek a felszín alá kerülés idején fennállt légköri C-14-aktivitás 50%-ával rendelkeznek. Recens talajvizet vizsgálva azt tapasztalták, hogy ez az érték – a talajban levő levegő CO_2 -jával történő izotópcseré miatt – Közép-Európában $85 \pm 5\%$ [1]. A kiindulási C-14-koncentráció megadásához ismernünk kell a légkör (vagy ami azzal egyenlő, a növények) fajlagos radiocarbon-aktivitását az utóbbi 70 000, de legalábbis az utóbbi 10 000 évben. A légkör (és vele együtt a növények) radiocarbon-koncentrációja három ok következtében változhat:

- a kozmikus sugárzás fluxusának változása,
- a SUESS effektus (az utóbbi 200–300 évben az inaktív szén és kőolajok eltüzelése következtében a légkör fajlagos C-14-aktivitása lecsökkent)
- a termonukleáris kísérletek és az atomreaktorok működése következtében az utóbbi 20 évben nőtt a légkör C-14-tartalma és a robbantások időpontjától függően változó értéket mutat (1. ábra).

Utóbbi két hatás majd csak néhány ezer év múlva okoz problémát a radiocarbon-kormeghatározásban. A földi mágneses tér intenzitásának változása



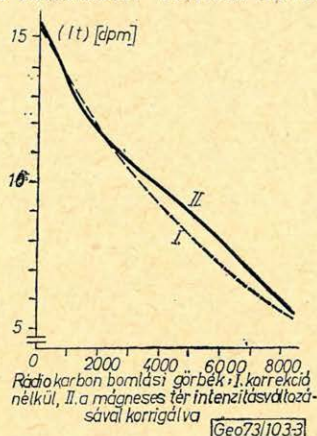
1. ábra – puc. – Abb.



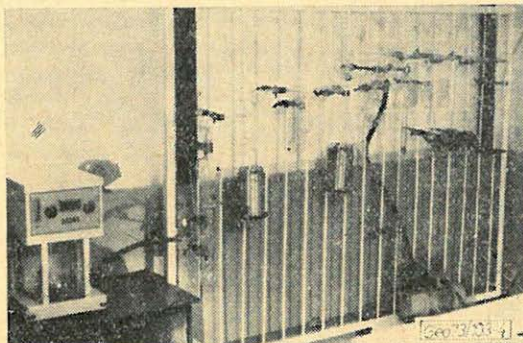
2. ábra – puc. – Abb.

(2. ábra) felhasználásával korrekciós görbét készítettek ismert korú minták jelenlegi $C-14$ -koncentrációja alapján [2]. A 3. ábrán látható, hogy a korrekció nélküli bomlási görbe (I) és a korrigált görbe (II) között nincs lényeges eltérés, így első közelítésben a légkör $C-14$ -tartalmát időben állandónak tekinthetjük.

Inaktív mélységi CO_2 hozzákeveredése meghamisítja a koradatokat. Korrekcióba vételére még nincs használható módszer, így jelenleg azokon a területeken, ahol jelentős mennyiségű széndioxid-feláramlás tapasztalható, nem célszerű $C-14$ -kormeghatározást végezni. Másik zavaró tényező a mészkő tárolóközzel történő izotópesere. VOGEL és EHHALT [1] $C-13$ -elemzések alapján arra a következtetésre jutott, hogy a mészkővel történő izotópcsere elhanyagolható, így a felszínalatti vizek fajlagos radiokarbon aktivitása csak a radioaktív bomlás következtében csökken.



3. ábra - puc. - Abb.



4. ábra - puc. - Abb.

I.2. A radiokarbon kormeghatározás gyakorlati végrehajtása

Egy felszínalatti vízminta korának megállapítása gyakorlatilag a minta jelenlegi fajlagos $C-14$ -aktivitásának meghatározását jelenti. Ez három lépésben történik.

a) *Mintavétel*: az oldott hidrokarbonátot és a szabad széndioxidot – friss légköri CO_2 kizárása mellett – baritlég segítségével kicsapjuk a vízből.

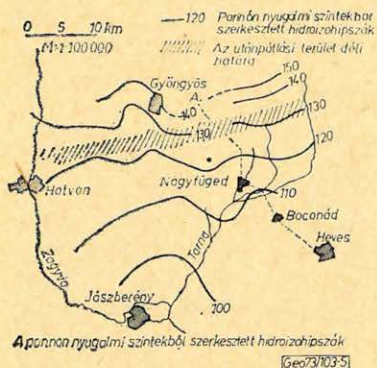
b) *Mintaelőkészítés*: a VITUKI-ban levő MODEL 3375 TRI-CARB PACKARD gyártmányú folyadékszintillációs spektrométerrel benzol alakban fogjuk a $C-14$ elemzéseket elvégezni. A vizekből kicsapott $BaCO_3$ -ot fémbáriummal keverve és izzítva BaC_2 -ot kapunk. A báriumkarbidra vizet csepegtetünk, a felszabaduló acetilént (C_2H_2) perikatalizátor segítségével benzollá (C_6H_6) trimerizáljuk. A tahitótfalusi kísérleti telepünkön működő benzol szintetizáló berendezést mutatja be a 4. ábra.

c) *Mérés*: proporcionális gázszámlálóval, etán, vagy folyadékszintillációs spektrométerrel benzol alakban történik. Külföldi szakirodalom alapján [3, 4] e kétfajta mérési módszerrel közel azonos pontosságú és megbízhatóságú eredményeket lehet elérni.

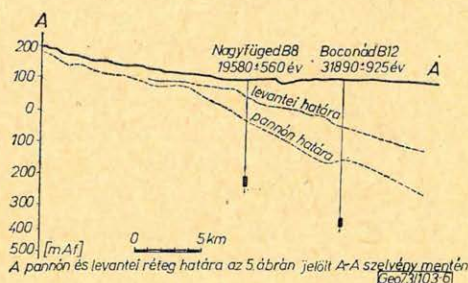
Jelenleg a benzol-szintézis elvégzésénél tartunk. A műszer-paraméterek pontos kimérését – standard minták alapján – ez év végére, az első ismeretlen korú vízminták $C-14$ koncentrációjának meghatározását 1974-re tervezzük.

I.3. Rétegvíz-áramlás sebességének meghatározása a Mátraalján

Az első hazai víz-kormeghatározásokat egy hidrológiailag feltárt területen végeztük. A Gyöngyöستől délre fekvő terület pannon rétegvizeinek nyugalmi szintjéből szerkesztett hidroizohipszák [5] a Mátra-aljától az Alföld felé történő felszínalatti vízáramlást mutatnak (5. ábra). Ennek az áramlásnak a sebességét vizsgáltuk a Nagyfüged B8 és a Boconád B12 jelű kútból vett vízminták korának meghatározása segítségével. Mindkét kút felső pannon rétegvizet csapal meg (6. ábra).



5. ábra - puc. - Abb.



6. ábra - puc. - Abb.

A C-14 méréseket Hannoverben Dr. GEYH professzor végezte el a Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung C-14 és H-3 laboratóriumában. A koradatok igazolták az áramlás feltételezett irányát, mivel a Mátrához közelebb fekvő nagyfügedi kút vizének kora ($19\,580 \pm 560$ év) kisebb, mint a boconádié ($31\,890 \pm 925$ év). A két mintavételi hely közötti mintegy 7 km-es szakaszon a pannon rétegek vizének átlagos áramlási sebessége $0,6$ m/év. A hidroizohipszák alapján a két mintavételi hely közötti piezometrikus nyomáskülönbség 6 m/ n_0 értékére $0,1$ -et felvéve és a Darcy törvényt alkalmazva, a Boconád és Nagyfüged közötti területen a pannon rétegek átlagos k -tényezője 2×10^{-6} m/sec, a radiokarbon koradatok alapján. (A szemeloszlási görbék-ből számolt k -tényezők a pannon rétegekre $10^{-4} - 10^{-6}$ m/sec nagyságrendbe esnek.)

Két adat alapján nem lehet következtetéseket levonni egy módszer alkalmazhatóságáról, de az első eredmények azt mutatják, hogy egy nagyobb területre jellemző regionális áramlási sebesség jól meghatározható radiokarbon koradatok alapján. Ennek elsősorban a hidrogeológiai fel nem tárt területeken van nagy jelentősége.

II. Természetes radioaktív nyomjelzők

A felszínalatti vizek kutatásában alkalmazott legfontosabb radioaktív nyomjelző a hidrogén hármias tömegszámú izotópjá, a trícium ($H-3$). A tríciumot két tulajdonsága avatja a vizek ideális nyomjelzőjévé:

- a HTO és H_2O molekulák kémiaiilag azonosak, így a trícium-tartalmú víz nem különül el az inaktív víztől, (ami a radioaktív jódal történő nyomjelzésnél komoly probléma, mivel a jód abszorbeálódik a talajban).

- 1954 óta a termonukleáris kísérletek és az atomreaktorok működése következtében a csapadékvizek trícium-tartalma ugrásszerűen megnőtt, így

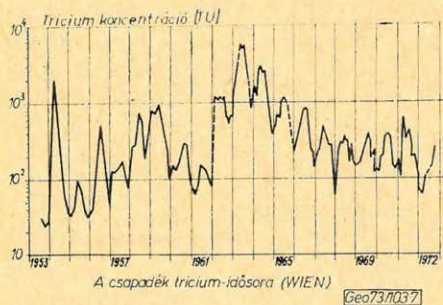
a $H-3$ koncentráció alapján elkülöníthetők a húsz évnél fiatalabb, ill. idősebb csapadékból származó vizek. A természetes vizek fajlagos trícium aktivitása néhány picocurie/liter, ezért célszerű volt egy új mértékegységet, az ún. Trícium Egységet ($TU = \text{Tritium Unit}$) bevezetni a $H-3$ mérésére. Definíció szerint $1 TU 10^{18} H-1/H-3$ arányt jelent, azaz egy TU -s az a minta, amelyben 10^{18} hidrogén atomra jut egy trícium atom. ($1 TU = 7,2 \text{ dpm/liter} = 3,2 \times 10^{-12} \text{ curie/liter}$ fajlagos aktivitásának felel meg.)

A mesterséges nyomjelzéseken kívül három olyan folyamatot ismerünk, amelynek során trícium kerülhet a vizekbe [6]:

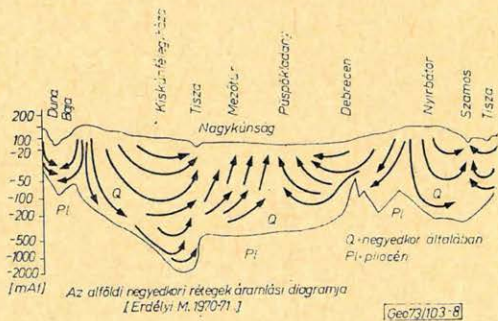
- a kozmikus sugárzás hatására, a Föld felső légkörében keletkező $H-3$ oxidálódva, HTO alakban, csapadék formájában jut le a hidroszférába,

- a litoszférában is képződik trícium, a természetes bomlási sorok elemeinek sugárzása, és a kőzetmátrix (α, n) reakciója során keletkező termikus neutronok és a kőzetekben nyomokban jelenlevő $Li-6$ (n, α) reakciója következtében. Ennek sebessége azonban két nagyságrenddel kisebb, mint a kozmikus sugárzás hatására történő $H-3$ termelésé.

- Az utóbbi húsz évben a termonukleáris kísérletek és az atomreaktorok tríciummal szennyezték a légkört. 1954 előtt a csapadék $H-3$ koncentrációja $5-10 TU$ volt, azóta a legváltozatosabb TU -tartalmakat mutatta. A maximumot 1963-ban érte el (7. ábra), amikor is a szibériai termonukleáris robbantás következtében a normál szintnek közel ezerszeresére emelkedett. 1963–67 között nem történt felszíni atomrobbantás, ebben az időben exponenciális csökkenés figyelhető meg. 1967 után a kínai és francia magaslégköri robbantások ismét növelték a légkör, és vele együtt a csapadék trícium-tartalmát.



7. ábra – puc. – Abb.



8. ábra – puc. – Abb.

II.1. Trícium alkalmazása a Nagykunságban a talajvíz és a rétegvíz közötti kapcsolat kimutatására

A Nagykunság egyes területein 20–30 év óta emelkedő talajvízállást észlelnek [7], és – egyes feltételezések szerint – ezt az emelkedést mélységi víz feláramlása okozza. ERDÉLYI M. a különböző rétegek piezometrikus nyomásszintje alapján megszerkesztette az „Alföld áramlási diagramját” amely a Nagykunság területén a felfelé történő vízáramlás lehetőségét mutatja (8. ábra) [8].

Kutatásunk fő célja annak kimutatása volt – trícium-analízisek segítségével – hogy a Nagykunság területén a talajvizek kapnak-e jelentős mennyiségű utánpótlást a mélységi vizekből. A tríciumos vizsgálat alapja a csapadék $H-3$ koncentrációjának az utóbbi húsz évben történt ugrásszerű emelkedés volt. A mélységi vizek több, mint húsz évvel ezelőtt (ez a „több mint húsz év” akár

több tízezer évet is jelenthet) kerültek felszín alá, így trícium-tartalmuk zérus. A talajvizek $H-3$ koncentrációja $50-500 TU$, így azokon a területeken, ahol mélységi víz feláramlása okozza a talajvízszint-emelkedést, a talajvíz fajlagos trícium aktivitása lecsökken. Ellenkező irányú függőleges vízáramlás esetén a mélységi vizek mutatnak zérustól különböző trícium-tartalmat.

A Nagykunság területén egyenletes eloszlásban 15 helyet jelöltünk ki, ahonnan rendszeresen mintát vettünk a legfelső rétegvizet megcsapoló kútból és az annak közelében levő, működő gazdasági talajvíz kútból (9. ábra). A trícium-adatok alapján e kétfajta víz közötti keveredést vizsgáltuk.

a) *A talajvíz mélységi vízhez keveredésének vizsgálata*

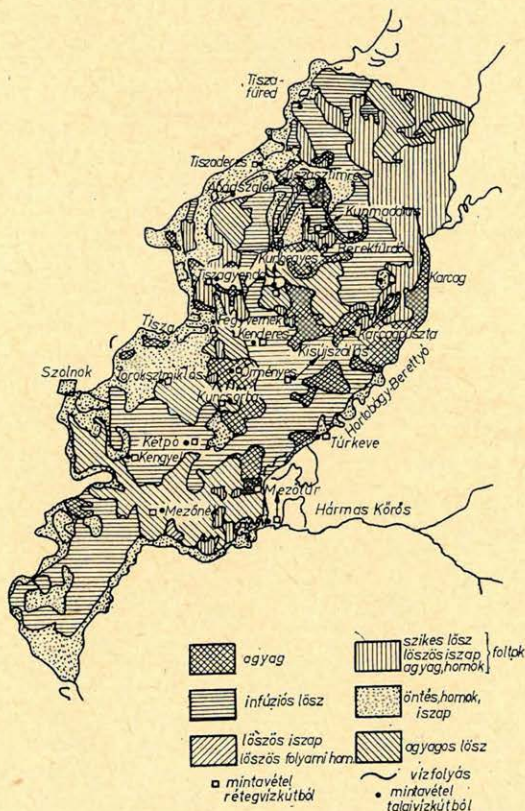
Valamennyi felszínközeli (maximálisan $100 m$ szűrőzésű) rétegvíz-kútból vett minta trícium-tartalma a műszer alsó érzékenységi határa ($15 TU$) alatti érték volt. A kis trícium tartalmakat kétféleképpen lehet hidrológiailag értelmezni:

– a mélységi vízhez keveredő talajvíz mennyisége elhanyagolható,

– lehetséges nagyobb mértékű talajvíz lefelé-áramlás, de ez olyan lassú, hogy az 1954 után hullott csapadékvíz még nem érte el a rétegvizet.

b) *A talajvízhez történő mélységi-víz-hozzákeveredés vizsgálata*

A talajvízből vett minták trícium-tartalmának (10. ábra) időbeli és térbeli változását vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy hibahatáron túli változás csak elvétve fordul elő az azonos kútból vett minták esetében. Ebben valószínűleg közrejátszott az, hogy a mintavételek megkezdése után kb. 7–8 hónapon keresztül jóformán semmi csapadék nem hullott a területre.



Rendszeres mintavételi helyek a Nagykunság területén

Geo73/103-9

9. ábra – puc. – Abb.

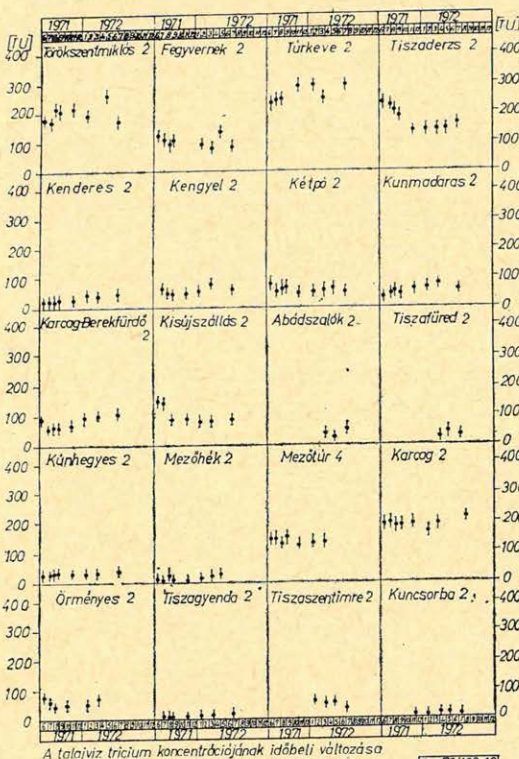
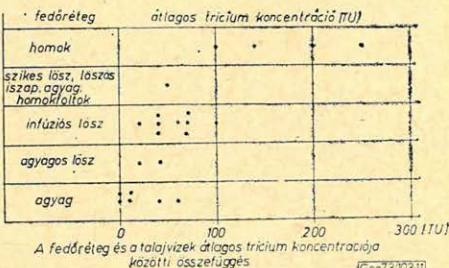
A térbeli változás – meglepő módon – széles intervallumot ölelt fel, háttértől $300 TU$ -ig. Amennyiben alacsony és magas trícium-tartalmú összefüggő területeket el tudnánk különíteni, úgy a kis trícium-tartalmú területeken valószínűsíthető lehetne a mélységi víz feláramlását. Ilyen területek az adatok alapján nem határolhatók körül, mivel közvetlenül egymás mellett kis és nagy trícium-tartalmú pontok is előfordulnak. Az egy-egy mintavételi helyre kiszámolt átlagos trícium-tartalmak nagy eltérése megmagyarázható a fedőréteg különbözőségével. A MIKE K. által szerkesztett, felszíni képződményeket ábrázoló térképre [9] felrajzolva a mintavételi helyeket, láthatjuk, hogy határo-

zott összefüggés van a fedőréteg és a talajvíz trícium-tartalma között (11. ábra). A trícium-elemzések alapján a következő összefüggések állapíthatók meg:

1. a homokos fedőrétegű területeken a talajvíz trícium-tartalma nagy (100–200 TU),
2. löszös területeken ennél kisebb (átlagosan 50–60 TU),
3. agyagos lösznél a löszben mért értéknél is kisebb (30–40 TU),

4. agyagos fedőrétegű területeken a legkisebb (20 TU körüli érték).

A fedőréteg és a talajvíz trícium-tartalma közötti összefüggés bizonyítása érdekében újabb mintákat vettünk különböző fedőrétegű területekről (12. ábra). A mintegy 40 vízminta trícium-elemzési eredményei alátámasztották elképzéseinket el a talajvíz trícium-tartalma és a fedőréteg anyagi minősége közötti összefüggésről (13. ábra).



10. ábra – puc. – Abb.

11. ábra – puc. – Abb.

Ez az összefüggés homok- és agyagtalajok esetén hidrológiailag a klasszikus beszivárgási elmélettel magyarázható. Homoktalajokon keresztül a frissen lehullott csapadékvíz viszonylag gyorsan eljut a talajvíztesthez, tehát homokos fedőréteg esetében a talajvíz nagy mennyiségű friss – tehát nagy trícium-tartalmú – csapadékvíz – utánpótlást kap. Az agyagtalaj – amely vízzáró rétegnek tekinthető – megakadályozza nagy mennyiségű friss csapadékvíz gyors beszivárgását, így az agyagos fedőréteg alatt levő talajvíz tömegének nagy része idős, tríciumra nézve inaktív vízből áll.

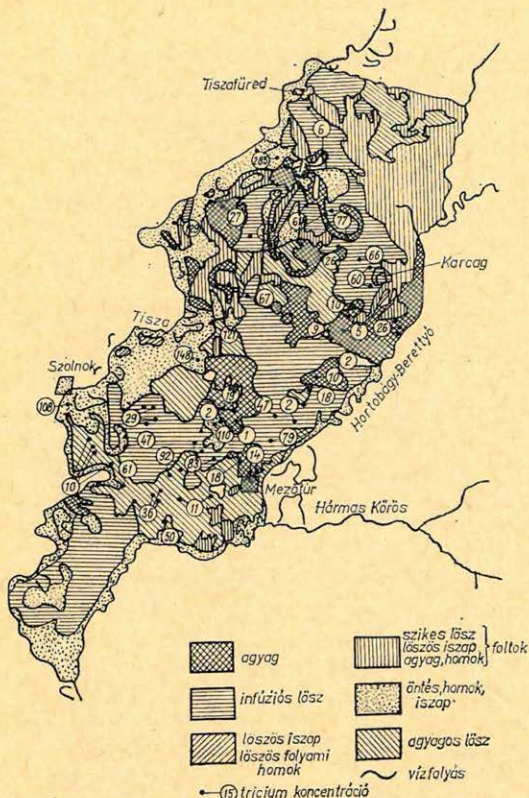
A löszös fedőréteg esetében mért kis trícium-tartalom a klasszikus beszivárgási elmélettel nem magyarázható, ugyanis e szerint löszös fedőréteg esetében is, a homokhoz hasonlóan, nagy trícium-tartalmakat kellene kapnunk. A MAJOR P. által kidolgozott [10] kapilláris emelkedési elmélet alapján magyarázható a löszös területek talajvízeinek 60–70 TU-s trícium-tartalma. Az elmélet lényege, hogy a frissen lehullott csapadékvíz tényleges hozzászivárgás nélkül is megemelheti a talajvíz szintjét. Ez a megemelés úgy történik,

fedőréteg	trícium tartalom [TU]		
homok
infúziós lösz	•	•••••	
agyagos lösz	•	•••••	
agyag	•••••	.	
	0	100	200 [TU]

A fedőréteg és a talajvíz trícium-tartalma közötti összefüggés az 1972 VIII. 29-31 között vett minták alapján

Geo73/103-13

13. ábra - puc. - Abb.



H-3 mintavétel különböző fedőrétegű területekről

Geo73/103-12

12. ábra - puc. - Abb.

	$\delta D [‰]$				
	-110	-100	-90	-80	-70 -60 -50 -40
talajvíz					•••••
10-100 m					•••••
100-500 m					•••••
500-1000 m					•••••
TISZA					•••••

Nagykunsági felszínalatti vizek és a Tisza deutérium-koncentrációja

Geo73/103-14

14. ábra - puc. - Abb.

hogy a friss csapadék a talaj kapillaris zónáját kitöltő vizet visszanyomja. Az evapotranspiráció következtében a friss csapadékvíz nagy része elpárolog, a kapillaris járatok ismét a kis trícium-tartalmú talajvíztestből töltődnek fel. Így elképzelhető, hogy a friss csapadék több éves, esetleg több tízéves kapillarisban való tartózkodás után, a radioaktív bomlás miatt lecsökkent trícium-tartalommal jut a talajvíztestbe. Tehát löszös talajok esetében is alátámasztható elméletileg az a tapasztalati tény, hogy a fedőréteg anyagi minősége szabja meg a talajvíz trícium-tartalmát azáltal, hogy befolyásolja a beszivárgó friss csapadékvíz mennyiségét.

A talajvíz trícium-tartalma a beszivárgó csapadék mennyiségének függvénye, tehát a csapadéknak jelentős szerepe van a talajvíz utánpótlódásának biztosításában.

Triticium-mérési eredményeink alapján nem tekinthetjük kizártnak a mély-ségi víz feláramlását a Nagy-kunság területén, de annyit megállapíthatunk, hogy a vizsgált terület talajvízei utánpótlódásukat elsősorban csapadékvízből kapják. Jelentős mennyiségű mély-ségi víz feláramlásának az is ellentmond, hogy a mintegy féléves, szinte csapadékmentes periódus során a gazdasági talajvízkutak vizében nem tapasztaltunk monoton trícium-tartalom-csökkenést.

A Nagy-kunság területén különböző mély-ségű rétegvízutakból és talajvízből vett minták deutérium-koncentrációja alapján is megvizsgáltuk e mély-ségi vizek és a talajvíz közötti kapcsolatot. A rétegvizek deutérium-koncentrá-

ciója a mélységgel kis mértékben nő, míg a talajvíz közel megegyezik a csapadék éves átlagával ($60-70\%$) (14. ábra). Ez a tény, valamint a legfelső, pleisztocén rétegvizek átlagos δ_0 értéke (-80%) és a talajvíz deutérium-tartalma (-63%) közötti nagy eltérés szinte kizárta teszi jelentős mennyiségű mélységi víz feláramlását és talajvízhez keveredését.

Mind a trícium, mind a deutérium elemzési adatok alapján megállapítottuk, hogy a Nagykság területén a talajvizek nem kapnak jelentős mennyiségű mélységi víz utánpótlást.

II.2. A Tiszához keveredő mélységi víz mennyiségének vizsgálata trícium segítségével

A II.1. fejezetben sikerült trícium-analízisek segítségével bizonyítani, hogy a Nagykság területén nem számolhatunk jelentős mennyiségű mélységi víz hozzááramlásával. Elképzelhető, hogy a Mátra és Bükk irányából áramló mélységi vizek nem érik el a Nagykság területét, hanem a Tiszához keveredve annak alapvízhozamát adják. E feltételezésünk bebizonyítása érdekében vízmintákat vettünk a Tiszából és mellékfolyóiból és azok trícium-elemzése alapján próbáltuk megbecsülni a Tiszához keveredő mélységi víz mennyiségét. Két különböző ponton vett minta trícium-koncentrációja (T_A és T_B) között az alábbi összefüggés áll fenn (amennyiben a két pont közötti párolgástól, vízkivételtől, és felszíni, ill. talajvíz hozzáfolyástól eltekintünk):

$$T_A \cdot Q_A + T_m \cdot Q_m = T_B(Q_A + Q_m) \quad (5)$$

ahol

Q_A a vízhozam az A pontban,

Q_m az A és B pontok között hozzáfolyt mélységi víz hozama,

T_m a mélységi víz trícium-tartalma.

Mivel $T_m = 0$, az (5) egyenlet a következőképpen módosul:

$$Q_m = Q_A \frac{T_A - T_B}{T_B} \quad (6)$$

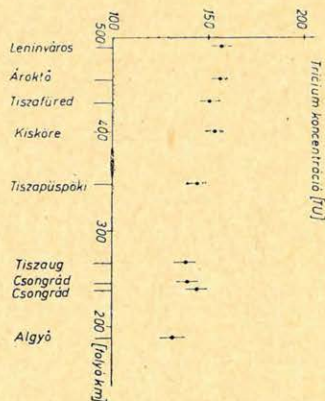
Amennyiben Q_A ismert, a hozzákeveredő mélységi víz hozama trícium-adatok alapján számítható.

Az így meghatározott Q_m mélységi vízhozam abszolút hibája

$$\Delta Q_m = Q_A \cdot T_A/T_B (\delta T_A + \delta T_B) \quad (7)$$

ahol δT_A , ill. δT_B a tríciumos mérések relatív hibája.

A Polgártól délre eső szakaszon a Tiszához keveredő talajvíz mennyisége elhanyagolható; a pontpárokat úgy választottuk meg, hogy közöttük jelentős hozamú mellékfolyó ne legyen, így az 5. képlet alkalmazható. Mivel a Q_m/Q_A hányados Q_A legkisebb értékeinél lesz nagy, ezért a mintavételt kisvízi hozamnál végeztük. Az első alkalommal (1972. III. 27-31. között: Polgárdinál $230 \text{ m}^3/\text{sec}$ vízhozamnál) vett minták $H-3$ koncentrációja hibahatáron belül ($\delta T = 10\%$) megegyezett (2. táblázat). 1973. II. 1-2-án, ki-



A Tisza $H-3$ koncentrációjának változása Leninváros és Algyő között

Geo73/103/5

15. ábra - puc. - Abb.

használva az alacsony vízállást (Polgárnál $110 \text{ m}^3/\text{sec}$ volt a vízhozam), megismertük a mintavételt. Időközben a műszer-paraméterek pontosabb kimérése alapján a mérési hibahatár lecsökkent 100 TU feletti mintákra $\pm 5\%$ -ra. Az újabb trícium-eredmények a Tisza szelvényében Leninvárostól Kisköréig szinte végig monoton csökkenést mutatnak (15. ábra), amely egyértelműen kis $H-3$ koncentrációjú víz hozzákeveredését jelzi. Mivel a trícium-értékek nem térnek el egymástól lényegesen, a Leninváros – Algyő közötti teljes szakaszra végeztük el a számítást. A Zagyva hozama a vizsgált időszakban kicsi ($3,4 \text{ m}^3/\text{sec}$) volt, a Körösök vizének $H-3$ -koncentrációja jó egyezést mutatott a Tiszáéval (131, ill. 130 TU), így a felszíni hozzáfolyásokat nem kellett figyelembe venni.

2. táblázat – таблица – Tabelle

Mintavétel helye	Folyó	Trícium-tartalom
Tizsaszederkény	Tisza	$165 \pm 17 \text{ TU}$
Ároktó	Tisza	$176 \pm 18 \text{ TU}$
Tizsadorogma	Tisza	$168 \pm 17 \text{ TU}$
Sarud	Kis-Tisza	$79 \pm 16 \text{ TU}$
Kisköre	Tisza	$183 \pm 18 \text{ TU}$
Tiszapüspöki	Tisza	$172 \pm 17 \text{ TU}$
Szolnok	Zagyva	$82 \pm 16 \text{ TU}$
Rákócziújfalu	Tisza	$177 \pm 18 \text{ TU}$
Nagyrév	Tisza	$181 \pm 18 \text{ TU}$
Csongrád	Tisza	$206 \pm 21 \text{ TU}$
Magyartés	Körös	$159 \pm 16 \text{ TU}$
Algyő	Tisza	$172 \pm 17 \text{ TU}$

A trícium-adatok alapján számított mélységivíz-hozam a Leninváros – Algyő szakaszon:

$$Q_m = 110 \cdot \frac{156 - 130}{130} = 18 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$\Delta Q_m = 110 \cdot \frac{156}{130} (0,05 + 0,05) = 13 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Tehát a Leninváros – Algyő közötti mintegy 300 km hosszúságú szakaszon a Tiszához szivárgó mélységi víz hozama minimálisan $5 \text{ m}^3/\text{sec}$, maximálisan $31 \text{ m}^3/\text{sec}$, a legvalószínűbb értéke $18 \text{ m}^3/\text{sec}$. Ennél pontosabb eredmény csak kisebb vízhozamok (maximálisan $80 - 100 \text{ m}^3/\text{sec}$) esetén vett minták alapján, vagy a $H-3$ analízisek hibájának csökkentésével érhető el. A VITUKI-ban működő folyadékszintillációs számlálóval ez csak dupla dúsítással, vagy a műszer-paraméterek pontosabb kimérésevel érhető el. Proporcionális gázszámolóval végzett trícium-elemzések hibája lényegesen kisebb ($\pm 1 - 2\%$) [11]; ilyen műszerrel jelenleg még nem rendelkezünk.

IRODALOM

- [1] *Radioisotopes in hydrology*: Proceedings of the Symposium on the Application of Radioisotopes in Hydrology, Tokyo, 1963.
- [2] V. Bucha – E. Neustuphy: Changes of the Earth's Magnetic Field and Radiocarbon Dating Nature, Vol. 215, July 15, 1967.

- [3] *J. E. Noakes – A. F. Isbell – J. J. Stipp – D. W. Hood*: Benzene synthesis by low temperature catalysis for radiocarbon dating, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 27. 1963.
- [4] *J. E. Noakes – S. Kim – L. Akers*: Recent improvements in benzene chemistry for radiocarbon dating, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 31. 1967.
- [5] *Liebe P.*: A Mátra-Bükkaljai rétegvíz-megfigyelő kúthálózat átvételével kapcsolatos műszaki feladatok. VITUKI jelentés 1972.
- [6] *S. Kaufman – W. F. Libby*: The Natural Distribution of Tritium, *Physical Review*, 93. 6. 1954.
- [7] *Major P.*: A Tiszántúl egyes területein előállt magasabb talajvízállás okainak vizsgálata. VITUKI szakvélemény 1969.
- [8] *G. Kovács – M. Erdélyi – P. Major – K. Korim*: Hydrological investigation of subsurface water, International post-graduate course of hydrological methods for developing water resources management, VITUKI, 1972.
- [9] *A Tisza*: Monográfia VITUKI kiadvány, 1970.
- [10] *Major P.*: A beszivárgás és a talajvízpárolgás meghatározása homokos fedőrétegekre, ezek kapilláris feszültségállapota alapján, Előadás a VITUKI Tudományos Napokon, 1972.
- [11] *T. Florkowski – B. R. Payne – G. Sauzay*: Interlaboratory Comparison of Analysis of Tritium in Natural Waters, *International Journal of Applied Radiation and Isotopes*, 21. 1970.

MAGYAR GEOFIZIKA XIV. ÉVF. 5 – 6. SZÁM

Lapszemle

Fizikai Szemle XXIII. évf. 5. szám, 1973. május

Hédervári Péter: A Mars felszíne a legújabb vizsgálatok szerint, 139 – 142. old.

Fizikai Szemle XXIII. évf. 7. szám, 1973. július

Yasumori Fujii: A nem-newtoni gravitáció lehetőségeiről, 197 – 199. old. Angol eredetiből fordította: Szemerédy Pál.

Tünczer Tibor: A szél fizikája, 200 – 203. old.

T. G.