

Természetes eredetű elemek előfordulása és egészséghatása a magyarországi ivóvízbázisokban

Doktori értekezés tézisei

Készítette: Izsák Bálint

Témavezető: Dr. Vargha Márta, PhD

Környezettudományi Doktori Iskola

A doktori iskola vezetője: Dr. Turányi Tamás, egyetemi tanár

Környezetbiológia Program

Programvezető: Dr. Tóth Erika, egyetemi tanár



Eötvös Loránd Tudományegyetem
Környezettudományi Doktori Iskola



NNGYK
NEMZETI NÉPEGÉSZSÉGÜGYI
ÉS GYÓGYSZERÉSZETI KÖZPONT

Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ
Közegészségügyi Laboratóriumi és Módszertani
Főosztály

Budapest

2024

Bevezetés

Az ivóvíz jelentős hatással lehet az emberi egészségre, emiatt minősége az Európai Unióban és hazánkban is régóta jól szabályozott. A hazai jogszabály alapja az emberi fogyasztásra szánt víz minőségéről szóló EU 2020/2184 Irányelv (továbbiakban: Ivóvíz Irányelv), mely 2021. január 12-én lépett hatályba. Ebben még nagyobb hangsúlyt kap az ivóvízbiztonság kockázat alapú megközelítése, amely már az elődjében, a 98/83/EK Irányelvben is megjelent.

Az Ivóvíz Irányelv már száznál is több – elsősorban antropogén eredetű - kémiai komponens vizsgálatát írja elő az ivóvízben. A geológiai eredetű fémek, félfémek és nemfémek kisebb figyelmet kapnak, bár a nátrium, a vas, a mangán, az arzén, a bór és a szelén már korábban is vizsgálandó paraméter volt, az Ivóvíz Irányelv – és az ezen alapuló, hazai 5/2023. (I. 12.) Kormányrendelet (továbbiakban: Kormányrendelet) – pedig további, elsősorban természetes eredetű nevesített elemek vizsgálatát is bevezeti (kötelezően 2026. január 12-től), úgy, mint az urán, a kalcium, a magnézium és a kálium.

A jogszabályi változás és a kockázatalapú megközelítés indokoltta tette, hogy egy országos, átfogó felmérést végezzünk el, ami kiterjed Magyarország közműves ivóvízellátásának egészére, annak természetes elemtartalom-vizsgálatára, beleértve a kockázatok értékelését és az esetleges egészséghatások vizsgálatát.

Célkitűzés

A kutatás során az alábbi célokat és feladatokat fogalmaztuk meg:

- 1) A hazai szolgáltatott ivóvíz és az ivóvízbázisok természetes elemtartalmának felmérése.
- 2) A magyarországi ivóvízbázisok és a közműves ivóvíz minőségének településszintű jellemzése a természetes elemtartalom alapján.
- 3) A természetes elemkoncentráció idő- és térbeli stabilitásának értékelése.
- 4) A szolgáltatott ivóvíz összesalfa-aktivitásának és urántartalmának összefüggés vizsgálata.
- 5) Az ivóvízkezelő technológiák hatásának vizsgálata a nem célkomponensekre.
- 6) A vizsgált természetes elemek egészségkockázatának értékelése:
 - A közműves ivóvíz ismert vagy feltételezhető káros egészséghatással rendelkező elemtartalmának mennyiségi kockázatértékelése.
 - A közműves ivóvíz hozzájárulása a szelénbevitelhez.

- A közműves ivóvíz kalcium- és magnéziumtartalmának egészséghatás vizsgálata.
- A közműves ivóvíz lítiumtartalma és az öngyilkossági halálozás közötti összefüggés vizsgálata.

Anyag és módszer

A felmérés során a magyarországi közműves ivóvízellátó rendszerek által szolgáltatott ivóvíz bárium- (Ba), berillium- (Be), bór- (B), cink- (Zn), kalcium- (Ca), kálium- (K), kobalt- (Co), lítium- (Li), magnézium- (Mg), molibdén- (Mo), nátrium- (Na), stroncium- (Sr), szelén- (Se), titán- (Ti), urán- (U) vanádium- (V), és cinktartalmát (Zn) határoztuk meg.

A felmérés két szakaszra osztható. Első lépésként egy előzetes felmérés készült 2016-2018 közt (vizsgált elemek: B, Ca, Co, K, Li, Mg, Na, Se, U, V, Zn), melynek során vízellátó rendszerenként egy, jellemzően hálózati mintát vizsgáltunk. Ezt követte a részletes felmérés 2018-2022 között (vizsgált elemek: B, Ba, Be, Ca, Co, K, Li, Mg, Mo, Na, Se, Sr, Ti, U, V, Zn) melynek során – ha sort került a nyersvíz kezelésére – a kezelés előtt és a kezelés után is történt mintavétel.

A mintavétel alapját az ISO 5667-5:2006 szabvány adta, az analitikai vizsgálatokat a Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ Környezetegészségügy Vizsgáló Laboratóriumában végeztem el induktív csatolású plazmaionforrású tömegspektrométerrel (továbbiakban: ICP-MS) az MSZ EN ISO 17294 szabvány alapján.

A két felmérés eredményeinek összehasonlítását – az elem-koncentrációk idő- és térbeli stabilitásának vizsgálatát – települési szinten, páros t-tesztel és Pearson-féle korrelációvizsgálattal végeztem.

A közműves ivóvíz minőségének településszintű jellemzéséhez az adott ivóvízellátórendszerhez tartozó eredményt az összes, az ivóvízellátórendszer által ellátott településhez hozzárendeltem.

Az ivóvízbázisok jellemzését a részletes felmérésből származó, kezelés előtti vagy kezelés nélküli minták B, Ba, Be, Ca, Co, K, Li, Mg, Mo, Na, Se, Sr, Ti, U és V eredményei alapján készítettem el. A vizsgálathoz főkomponens analízist (továbbiakban: PCA) és hierarchikus klaszter analízist (továbbiakban: HCA) alkalmaztam.

Az ivóvízkezelő technológiák hatását a B, Ba, Ca, Co, K, Li, Mg, Mo, Na, Se, Sr, Ti, U és V elemek esetében a részletes felmérésből származó, kezelés előtti és utáni mintapár eredményeinek értékelésével végeztem el páros t-tesztel, Kruskal-Wallis-féle H-próbával és Mann-Whitney-féle U-próbával.

Az ivóvíz urántartalma és összesalfa-aktivitása közti összefüggésvizsgálathoz az előzetes felmérés uráneredményeit és a Humán felhasználású Vizek Szakrendszerében (továbbiakban: HUMVI) 2016-19 közt elérhető összesalfa-aktivitás eredményeket használtam. A vizsgálat során Pearson-féle korrelációvizsgálatot végeztem.

A mennyiségi kockázatértékeléshez a tolerálható napi beviteli érték (továbbiakban: TDI) vagy a referencia dózis (továbbiakban: RfD) értékeket – ill. a Se esetében az ajánlott napi beviteli mennyiséget (továbbiakban: ADI) is értékeket is – hasonlítottam össze a legnagyobb mért, ill. a települési közműves ivóvízre vonatkozó 95 percentilis koncentrációval. Az egészségkockázati hányadost (továbbiakban: HRQ) 70 kg-os testsúlyra és napi 1,1 liter közműves ivóvíz elfogyasztásra számoltam ki. A kockázatértékelést a B, a Be, a Ba, a Co, a Mo, a Se, a V, az U és a V esetében végeztem el.

A Ca és Mg egészséghatás vizsgálatok a településekre vonatkoztatott Ca és Mg eredmények, a Központi Statisztikai Hivatal (továbbiakban: KSH) halálozási adatai, a 2009-es és 2019-es Országos Táplálkozási és Tápláltsági Állapot Vizsgálatok (továbbiakban: OTÁP) valamint a 2022-es népszámlálási adatok alapján készültek. A vizsgálatok során Spearman-féle rangkorrelációs vizsgálat és többváltozós lineáris regresszió került alkalmazásra.

A Li egészséghatásvizsgálat esetében az előzetes felmérés lítium eredményei kerültek felhasználásra. További adatokat a KSH demográfiai adatbázis (öngyilkossági esetszámok, alkoholos májbetegség miatti halálozási ráták), ill. az Országos Területfejlesztési és Területrendezési Információs Rendszer (továbbiakban: TEIR) adatbázis (vallásossági arány, jövedelem) szolgáltatott. A vizsgálat során többváltozós lineáris regressziót alkalmaztunk.

Eredmények és értékelés

Az előzetes felmérés során 1424 mintát, a részletes felmérés során 2548 mintát, azaz összesen 3972 ivóvíz és nyersvíz mintát vizsgáltam.

A két felmérés eredményeit összehasonlítva a B, a Mg, a K, a Co és az U esetében sem volt kimutatható különbség. A Li, a Na, a Ca, a V és a Se esetében a különbség statisztikailag szignifikáns volt ugyan, de a tényleges koncentrációkülönbségek vízhygiénés szempontból nem tekinthetők jelentősnek. Jelentős különbség volt a Zn esetében, a felmérések eredményei közt semmiféle összefüggés nem volt kimutatható, ezért a további elemzésekben a Zn nem szerepel.

Az ivóvízbázisok jellemzéséhez az ivóvízbázisok 82%-ról (1155 db) származó 1256 minta eredményét használtam fel. A minták 84%-a mélységi felszín alatti vízből származik, 8,8%-a karsztvíz, 2,5%-a partiszűrészű víz, 2,3%-a sekély felszín alatti víz, 1,4%-a felszíni víz és kevesebb, mint 1%-a kevert víz. A víztípus alapján a vízbázisok nem különültek el, egyedül

a karsztvíz esetében volt megfigyelhető (főként a Ca és Mg dominálta) eltérés. A HCA és a PCA alapján 6, az elemprofil alapján elkülönülő klasztert azonosítottam, melyek többnyire jellegzetes területi elhelyezkedést mutatnak.

A hazai gyakorlatban alkalmazott vízkezelő technológiáknak a vizsgált elemekre nincs érdemi hatásuk. A kimutatható statisztikailag szignifikáns különbségek sem jelentősek vízbiztonsági vagy technológiai szempontból. Még a nátrium-hipokloritot jelentős mennyiségben használó törésponti klórozást alkalmazó ivóvízkezelő technológiák is csak 1,9-7,2 mg/l Na többletet, 10-15 %-os növekményt okoznak.

A közműves ivóvíz urántartalmának és összesalfa-aktivitásának vizsgálatába 4365 összesalfa-aktivitás eredményt és 3150 településre vonatkoztatott uráneredményt vontam be. A két változó közt statisztikailag szignifikáns, közepesen erős, pozitív korreláció tapasztalható ($r: 0,6772$, p -érték: $<0,05$).

A mennyiségi kockázatértékelés alapján – a V kivételével – a vizsgált elemek országos szinten elhanyagolható vagy kis kockázatot jelentenek. Mérsékelt szintű kockázat is csak a B, a Co, a Mo és az U esetében adódott a legnagyobb mért koncentrációval számolva. Ez a Co esetében 4, a B és az U esetében 5-5, míg a Mo esetében 12 települést érint. A V megítélése nem egységes, ellentmondásos RfD értékeket (0,07-7 $\mu\text{g}/\text{tkg}$) lehet találni a szakirodalomban. Ezt, illetve az egyes tagállamokban (pl. Olaszország) alkalmazott, ivóvízre vonatkozó 140 $\mu\text{g}/\text{l}$ -es határértéket figyelembe véve kijelenthető, hogy a kockázat a V esetében is elhanyagolható szintű.

Az U-ra vonatkozó, újonnan bevezetésre kerülő 30 $\mu\text{g}/\text{l}$ -es határértéket egyetlen ivóvízbázisban haladta meg a mért koncentráció (41 $\mu\text{g}/\text{l}$). A határérték harmadát, a 10 $\mu\text{g}/\text{l}$ -es koncentrációt is csak 15 ivóvízbázisban haladta meg az U koncentrációja, a 99 percentilis koncentráció 11,5 $\mu\text{g}/\text{l}$.

A legnagyobb mért Se koncentrációval számolt beviteli mennyiség (29 μg) mindössze egyetlen településen képes nagyrészt fedezni a különböző korcsoportokban ajánlott beviteli mennyiséget (26-35 μg), a közműves települési ivóvíz Se koncentrációjának 99 percentilis értéke már egy nagyságrenddel kisebb a maximum értéknél (2,6 $\mu\text{g}/\text{l}$).

A közműves ivóvíz Ca- és Mg-koncentrációja többnyire kedvezően nagy, bár széles koncentrációtartományban változik, és jellegzetes területi különbségeket mutat. A medián koncentráció a Ca esetében 68 mg/l (minimum 2,7 mg/l, maximum 189 mg/l), a Mg esetében 22 mg/l (minimum $<0,5$ mg/l, maximum 81 mg/l). A hazai települések felében a közműves ivóvíz az ajánlott napi Ca bevitel 8-9%-át is kiteheti, negyedükben pedig akár 10-12%-ot is, míg a Mg esetében ez 7-8%, ill. 11-13% is lehet.

A közműves ivóvíz Li-tartalma szintén jellegzetes területi különbségeket mutat és széles koncentrációtartományban változik. A medián koncentráció a Li esetében 9,3 µg/l (minimum <1,0 µg/l, maximum 263 µg/l).

Statisztikailag szignifikáns negatív összefüggést (kismértékű védőhatást) találtunk a közműves ivóvíz Mg-tartalma és a kardiovaszkuláris betegségekkel kapcsolatos halálozás közt a teljes populációban, valamint a közműves ivóvíz Li-tartalma és az öngyilkosságok közt a férfiak esetében.

Tézisek

- 1)** A kutatás során elkészítettem 15 geogén elemre kiterjedő (B, Ba, Be, Ca, Co, K, Li, Mg, Mo, Na, Se, Sr, Ti, U és V) vízminőségi profilját 1256 minta alapján az üzemelő ivóvízbázisok 82%-ának (1155 db), valamint 3972 minta alapján minden hazai település közműves ivóvizének (3155 db).
- 2)** Megállapítottam, hogy a B, a Ca, a Co, a K, a Li, a Mg, a Na, a Se, az U és a V esetében a közműves ivóvíz minősége közegészségügyi szempontból időben (a két időszakot összehasonlítva) és térben (a vízellátórendszer különböző pontjairól történő mintavétel alapján) állandónak tekinthető. Ezeknél a paramétereknél a vízminőségi monitoring során szakmailag elfogadható a vízmű hálózati betáplálási pontja is kijelölt vízmintavételi pontnak.
- 3)** Az üzemelő ivóvízbázisokra vonatkozóan az alábbi megállapításokat teszem:
 - a.** Az elemek jellegzetes területi eloszlást mutatnak, egyes elemek lehatárolt földrajzi területen kiugró koncentrációt érhetnek el. A földrajzi eloszlás azt támasztja alá, hogy a felszín alatti vizek minőségét a víztartó réteg geológiai összetétele mellett az áramlási rendszerek tulajdonságai (pl. pH, hőmérséklet, redoxpotenciál, oldottgáz-tartalom) határozzák meg. Ezek befolyásolják az elemek vízbe történő beoldódását és így a felszín alatti víz összetételének különbségeit eredményezik még ugyanazon a víztartó rétegen belül is.
 - b.** Kijelenthető, hogy a vizsgált természetes elemek alapján a karsztvíz ivóvízbázisok eltérést mutatnak a mélységi felszín alatti vízbázisoktól, elsősorban a Ca és a Mg elemeknek köszönhetően. Ugyanakkor a többi víztípusú vízbázis esetében (felszíni víz, sekély felszín alatti víz, partiszűrészű víz) nem tapasztalható ezen elemek alapján elkülönülés egymástól, ill. a mélységi felszín alatti vízbázisoktól. Ez megerősíti azt az

állítást, hogy a felszíni vizek, a partiszűrészű vizek és a felszín alatti vizek szoros hidrogeológiai kapcsolatban állnak.

- 4) Megállapítottam, hogy a hazai gyakorlatban alkalmazott ivóvízkezelő technológiák nem változtatják meg érdemben a víz természetes elemtartalmát. Még a nátrium-hipokloritot jelentős mennyiségben használó törésponti klórozást alkalmazó vízművek esetében sem növelik kockázatos mértékben az ivóvíz nátriumtartalmát. Ennek megfelelően felülvizsgálandó a vízminőségi monitorig során meghatározott vizsgálati szám csökkentésére vonatkozó stratégia a Na esetében.
- 5) A mennyiségi kockázatértékelés alapján az alábbi megállapításokat teszem:
- a. Kijelenthető, hogy az újonnan bevezetésre került, ivóvízben kötelezően mérendő U komponens a hazai ivóvízbázisokban jellemzően alacsony koncentrációban van jelen, a települési közműves ivóvízben országosan kis kockázatot jelent.
 - b. Megállapítottam, hogy a vizsgálatba bevont, potenciális káros egészséghatással rendelkező további elemek, a B, a Be, a Ba, a Co, a Mo, a Se és a V a hazai ivóvízbázisokban és a települési közműves ivóvízben országosan elhanyagolható vagy kis kockázatot jelent.
 - c. Azonosításra kerültek azok az ivóvízbázisok, illetve ivóvízellátó rendszerek melyek esetében valamely, potenciálisan káros egészséghatással rendelkező vizsgált természetes elem helyi szinten fokozott figyelmet igényel. A lokálisan előforduló, legfeljebb mérsékelt szintű kockázat helyi szinten kezelhető. Az Ivóvíz Irányelvnek és a Kormányrendeletnek való megfelelés az U szempontjából nem okoz jelentős kihívást és nem igényel országos szintű beavatkozást.
- 6) Kijelenthető, hogy a szolgáltatott ivóvíz urántartalma és összesalfa-aktivitása szoros összefüggést mutat, az összesalfa-aktivitás döntő többségében az urántól származik. Ez közegészségügyi szempontból előnyös, mivel az ^{238}U és ^{234}U radionuklidok dózisegyütthatói egy nagyságrenddel kisebbek, mint az egyéb alfasugárzó radionuklidok (^{226}Ra , ^{210}Po) dózisegyütthatói.
- 7) A közműves ivóvízzel kapcsolatos egészséghatás vizsgálatok alapján az alábbi megállapításokat teszem:
- a. Kijelenthető, hogy a közműves ivóvízfogyasztás a szükséges Se-bevitelhez országos viszonylatban nem járul hozzá jelentős mértékben.

- b. Kijelenthető, hogy a közműves ivóvíz jelentős Ca és Mg beviteli forrás lehet. Ez különösen fontos a Ca esetében, amiből a magyar lakosság nagyobb része nem viszi be az ajánlott mennyiséget.
- c. Valószínűsíthető az első hazai, országos epidemiológiai vizsgálat eredményei alapján, hogy a közműves ivóvíz Mg-tartalmának védő hatása van a kardiovaszkuláris megbetegedésekkel összefüggő halálozásokkal szemben, bár a kedvezőtlen szocioökonómiai körülmények hatása jelentősebb.
- d. Kijelenthető az első hazai, országos epidemiológiai vizsgálat eredményei alapján, hogy a közműves ivóvíz Li-tartalmának védő hatása van az öngyilkosság összefüggő halálozásokkal szemben a férfiak esetében, bár más tényezők, pl. a vallásosság és a jövedelem védőhatása jelentősebb.

Doktori kutatáshoz kapcsolódó publikációk

- **Izsák, Bálint;** Hegedűs-Csondor, Katalin; Baják, Petra; Erőss, Anita; Erdélyi, Norbert; Vargha, Márta; **Distribution of Natural Trace Elements in the Drinking Water Sources of Hungary** *Water* 16 : 15 pp. 1-17. Paper: 2122 , 17 p. (2024)
- **Izsák, Bálint;** Hidvegi, Anna; Bálint, Lajos; Málnási, Tibor; Vargha, Márta; Pándics, Tamás; Rihmer, Zoltán; Döme, Péter; **Investigation of the association between lithium levels in drinking water and suicide mortality in Hungary** *Journal Of Affective Disorders* 298 : Part A pp. 540-547. , 8 p. (2022)
- Baják, Petra; Hegedűs-Csondor, Katalin; Tiljander, Mia; Korkka-Niemi, Kirsti; Surbeck, Heinz; **Izsák, Bálint;** Vargha, Márta; Horváth, Ákos; Pándics, Tamás ; Erőss, Anita; **Integration of a Shallow Soda Lake into the Groundwater Flow System by Using Hydraulic Evaluation and Environmental Tracers** *Water* 14 : 6 Paper: 951 , 20 p. (2022)
- Baják, Petra; Csondor, Katalin; Pedretti, Daniele; Muniruzzaman, Muhammad; Surbeck, Heinz; **Izsák, Bálint;** Vargha, Márta; Horváth, Ákos; Pándics, Tamás; Erőss, Anita; **Refining the conceptual model for radionuclide mobility in groundwater in the vicinity of a Hungarian granitic complex using geochemical modeling** *Applied Geochemistry* 137 Paper: 105201 (2022)

- Csondor, Katalin; Baják, Petra ; Heinz, Surbeck; **Izsák, Bálint**; Horváth, Ákos; Vargha, Márta; Pándics, Tamás; Eröss, Anita; **Parti szűrésű vízbázisok természetes radioaktivitása nuklidspecifikus mérések tapasztalatai alapján** *Hidrológiai Közlöny* 101 : 2 pp. 44-53. , 10 p. (2021)
- Eross, Anita; Csondor, Katalin; **Izsák, Balint**; Vargha, Marta; Horvath, Akos; Pándics, Tamás; **Uranium in groundwater - The importance of hydraulic regime and groundwater flow system's understanding** *Journal Of Environmental Radioactivity* 195 pp. 90-96. , 7 p. (2018)

Egyéb publikációk

- Bufa-Dórr, Zsuzsanna; Sebestyén, Ágnes; **Izsák, Bálint**; Schmoll, Oliver ; Pándics, Tamás; Vargha, Márta; **Dual system of water safety plan auditing in Hungary: benefits and lessons learnt** *Journal Of Water And Health* 21 : 11 pp. 1663-1675. , 13 p. (2023)
- **Izsák, Bálint**; Vargha, Márta; **Mikroműanyag az ivóvízben** *Egészségtudomány* LXIV : 1-2 p. 105 (2020)
- **Izsák, Bálint**; Vargha, Márta; **Tények és tévhitek a csodavizekről** *Egészségtudomány* LXIII : 1-2 pp. 85-93. , 9 p. (2019)
- Sebestyén, Ágnes; Bufa-Dórr, Zsuzsanna; Hofer, Ádám; **Izsák, Bálint**; Málnási, Tibor; Törő, Károly; Vargha, Márta; Pándics, Tamás; **A hazai csapvizek ólomtartalma – egy folyamatban lévő kutatási projekt bemutatása és az eddigi eredmények ismertetése** *Magyar Épületgépészet* 68 : 7-8 pp. 9-16. , 8 p. (2019)
- Stefán, Dávid ; Erdélyi, Norbert; **Izsák, Bálint**; Záray, Gyula; Vargha, Márta; **Formation of chlorination by-products in drinking water treatment plants using breakpoint chlorination** *Microchemical Journal* 149 Paper: 104008 , 8 p. (2019)
- Tischner, Zsófia; **Izsák, Bálint**; Páldy, Anna; **Extreme Weather Events and their Public Health Relevance** *Central European Journal Of Occupational And Environmental Medicine* 25: 1-2 pp. 75-92. , 18 p. (2019)

Doktori kutatáshoz kapcsolódó előadások

- Természetes eredetű elemek az ivóvízben – országos felmérés eredményeinek bemutatása, Magyar Higiénikusok Társasága, 2018.10.10
- Geológiai eredetű elemek az ivóvízben – országos felmérés eredményeinek bemutatása, Phd hallgatók 3. Környezettudományi Konferenciája, 2018.10.25.
- Új kockázatok az ivóvízellátásban – urán és radioaktivitás, Magyar Higiénikusok Társasága, 2019.10.03.
- Új paraméterek és új határértékek a felülvizsgált ivóvíz irányelvben, Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ, 2020.02.27.
- Új kockázatok az ivóvízellátásban – urán, MAVÍZ Szakmai nap, 2021.05.05.
- Természetes eredetű elemek az ivóvízben, Fiatal Higiénikusok Fóruma, 2022.05.13.
- Az ivóvíz lítiumtartalma és az öngyilkossági mortalitás közötti összefüggés vizsgálata Magyarországon, Magyar Higiénikusok Társasága, 2022.09.12.
- Természetes eredetű és új antropogén kockázatok az ivóvízben, Tudományos referáló ülés - Vízhigiénés kutatástól a szabályozásig, Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ, 2023.01.17.
- Az ivóvíz kalcium- és magnéziumtartalmának jelentősége, egészséghatása, Fiatal Higiénikusok Fóruma, 2023.06.02.