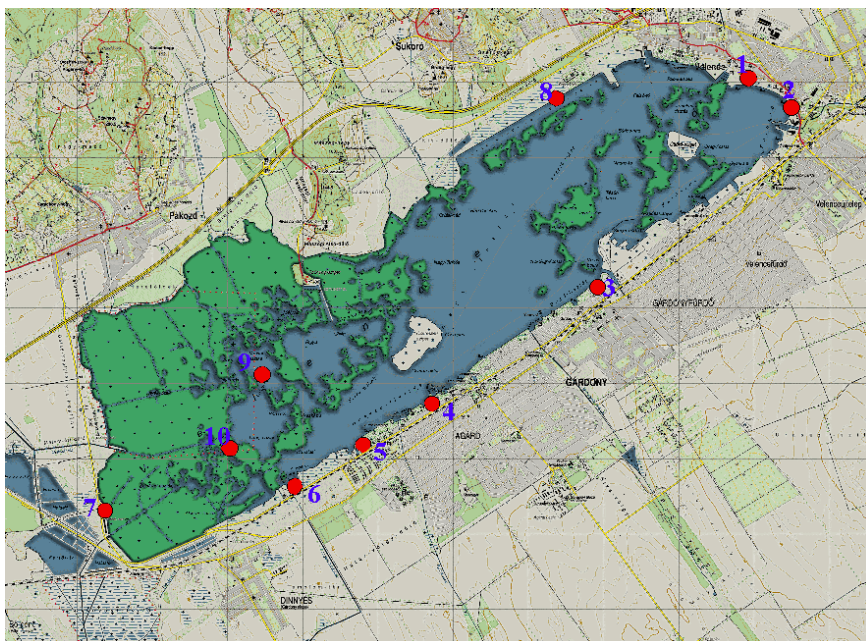


KÖRNYEZETVÉDELMI ALAP CÉLELŐIRÁNYZAT

KÖZCÉLÚ KÖRNYEZETVÉDELMI FELADAT MEGVALÓSÍTÁSA



Jelentés

A Velencei-tó természetes és mesterséges eredetű radioaktivitásának felmérése és vizsgálata

Témavezető: Szabó Gyula

Résztvevők: Capote Antonio, Gucci Judit, Koblingerné-Bokori Edit, Kurtács
Endre és Ugron Ágota

2003.

**"Fodor József" Országos Közegészségügyi Központ-Országos "Frédéric
Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet,
1221. Budapest Anna u. 5**

Tartalomjegyzék

Bevezetés	3
A feladatok megoldásának leírása	4
Anyagok és módszerek	5
Mintavételezés	5
Alkalmazott módszerek	5
Eredmények	12
A Velencei-tó vizének vizsgálata	12
A Velencei-tó szedimentumának vizsgálata	24
A Velencei-tavi nád vizsgálata	35
A Velencei-tavi halak vizsgálata	41
Köszönetnyilvánítás	42

BEVEZETÉS

A Velencei-tó és térsége különleges védelmet igénylő nemzeti érték. E területek kiemelt idegenforgalmi szerepkörének fenntartása, a térség ökológiai állapotának védelme elsőrangú feladat. A sokcélú emberi hasznosítás és természetvédelmi célok miatt a tó radioökológiai vizsgálata időszerű volt. Eddig csak szórványos méréseket végeztek a különböző intézetek, főleg közvetlenül a csernobili reaktor baleset után, annak felmérésére, hogy a tavat milyen radioaktív szennyezés érte. Nem került sor a Velencei-tó radioökológiai állapotának átfogó vizsgálatára, sem a természetes, sem a mesterséges eredetű radioaktivitásról és annak hatásáról a környezetre, a tó hasznosíthatóságra, a környezetében élők és időszakosan ott tartózkodók egészségére nem áll rendelkezésre a lakosság megnyugtatótását szolgáló megbízható információ. Ezen vizsgálatok elvégzése szervesen kapcsolódik a Balatoni és Velencei-tó Intézkedési Tervet megalapozó és az azt módosító 1068/1996. számú Kormányhatározat egyes pontjaihoz úm:

- A Velencei-tó vízgyűjtő területére elkészült környezetvédelmi állapotfelmérést aktualizálni kell, valamint el kell készíteni azt a vízminőség-védelmi akcióprogramot, amely prioritások meghatározásával végrehajtási sorrendet állapít meg az elvégzendő feladatokra.
- Gondoskodni kell arról, hogy a közvélemény és az idegenforgalom szakszerű és hiteles tájékoztatást és előrejelzést kapjon a Velencei-tó állapotáról. Ennek érdekében ki kell dolgozni a Velencei-tó és vízgyűjtőjének monitoring adatait befogadó, a szakmai köröket és a lakosságot az aktuális és jellemző állapotról tájékoztató balatoni és Velence-tavi információs rendszer koncepcióját, és meg kell kezdeni a rendszer kísérleti üzemeltetését.

Nem elhanyagolható szempont a vizsgálatok indoklásakor, hogy a tó igen jelentős idegenforgalmi bevételt hoz az országnak, a környező települések lakosságának nagy része a hazai és külföldi látogatókból él. Az utóbbi évek környezeti vészhelyzetei alkalmával, melyet a tömeges angolnapusztulás vagy az alacsony balatoni vízállás okozott, kiderült, hogy a lakosság és a turisták a vártnál sokkal érzékenyebbek környezetük állapotára. Turisták tömegei mondták le tervezett nyaralásukat a tó partján, a külföldi sajtó is tele volt negatív kicsengésű publikációkkal. Egy hasonló, álhírből, hozzá nem értésből vagy tisztességtelen verseny-magatartásból fakadó, a balatoni eseményekhez vagy a gödöllői tavak állítólagos sugárfertőzéséhez hasonló pánik felmérhetetlen károkat okozhat a velencei idegenforgalomnak és Magyarország hírnevének. A Velencei-tó radioaktivitásának megfelelő időben történő felmérése megnyugtathatja a környezetében élőket és üdülőket, potenciális külföldi látogatókat. Így ezen mérések elvégzése és megfelelő dokumentálása egy esetleges nemzetgazdasági kárt előzhet meg.

A fent elmondottak miatt, valamint annak megállapítására, hogy a tó hasznosítása jelenleg milyen radioökológiai körülmények között történik és a hasznosítás során ezen körülmények milyen mértékben változnak, illetve a tóból nyert öntöző, ipari esetleg ivóvíz és a helyben fogott hal fogyasztása révén milyen radionuklidok juthatnak be az emberi szervezetbe és azok milyen mértékű

sugárterhelést okoznak, szükséges egy nagyobb környezetellenőrző program beindítása. Ennek első eleme az alábbiakban elvégzett radiológiai vizsgálat.

A FELADAT MEGOLDÁSÁNAK LEÍRÁSA

A különböző potenciális szennyező anyagok a természetes és mesterséges eredetű radionuklidok. A mesterséges radionuklidok fő forrásai a légköri atomfegyver kísérletekből származó kihullás, a különböző tudományos és egészségügyi intézetek által használt radionuklidok a szennyvízen keresztül való kibocsátása. Potenciális szennyező forrásoknak tekinthetők a már meglévő nukleáris létesítmények a környező országok és hazánk területén. A természetes eredetű radioaktivitás főbb ipari forrásai az uránbányák, a hagyományos fosszilis tüzelésű erőművek, egyéb ércbányák és ércfeldolgozó üzemek. A mezőgazdaságban alkalmazott foszfortartalmú műtrágyák általában a természetes háttérszintnél nagyobb radioaktivitásúak, így potenciális forrásnak tekinthetők. Emellett a felszín alatti vizek nagy része (termál, ásványvízforrások) szintén nagyobb koncentrációban tartalmaznak természetes radionuklidokat. Mind a mesterséges, mind a természetes eredetű radionuklidok főként a táplálékláncon keresztül jutnak az emberi szervezetbe.

Az atomenergia egyre szélesebb körű hasznosítása egyre inkább felveti a radioaktív szennyeződés veszélyét. Emellett a csernobili reaktorbaleset komoly aggodalmat okozott a lakosságnak is. Súlyos atomerőművi baleset esetén a szennyező anyagok fő útvonala a levegőben való terjedés az azt kísérő nedves és száraz kihullással. Ez közvetlen vagy közvetett módon juthat a vizekbe. Az atomerőművek ún. normálüzemi működése is radioaktivitás környezeti kibocsátásával jár. Ennek főbb útvonalai a kéményen keresztül a légkörbe jutó ill. a vízi kibocsátás útján a vízi rendszerekbe jutó radionuklidok. A környezeti vizsgálatok kimutatták, hogy a normálüzemi működés környezetszennyezése elhanyagolható. És bár a szakértők véleménye szerint a nukleáris ipar a legbiztonságosabb ipari tevékenységek közé tartozik, nem zárható ki egy esetleges baleset esetén radioaktív anyagok nagymértékű kibocsátása. Egy ilyen esemény egészségügyi és környezeti hatásainak minimalizálása céljából is szükség van a radionuklidok főbb terjedési útvonalainak, transzport-folyamatainak ismeretére.

Ezen munka fő célkitűzése, hogy meghatározza egyrészt a különböző természetes eredetű:

- a ^{232}Th -bomlási sorból az ^{228}Ac radioaktivitás koncentrációját,
- az ^{238}U bomlási sorába tartozó ^{234}Th és ^{226}Ra radioaktivitás koncentrációját,
- ahol lehetséges az ^{235}U radioaktivitás koncentrációját,
- a primordiális ^{40}K radioaktivitás koncentrációját,

másrészt a mesterséges eredetű radionuklidok közül:

- a ^3H radioaktivitás koncentrációját,
- a ^{90}Sr és a ^{137}Cs radioaktivitás koncentrációját,
- a monitorozási célra széles körben használt összes-béta radioaktivitás szintjét

a tó szedimentumában, vizében, különböző növényekben, elsősorban nádban és a tóban élő különböző halfajokban.

ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

Mintavételezés

A mintavételi pontokat a Közép-Dunántúli Környezetvédelmi Felügyelőséggel egyeztetve a felügyelőség Velencei-tavi mintavételezési programjának megfelelően jelöltük ki. A mintavételi pontok helyét az 1. Táblázatban adtuk meg. Az átláthatóság kedvéért ezen mintavételi pontok elhelyezkedését az 1. ábrán mutatjuk be.

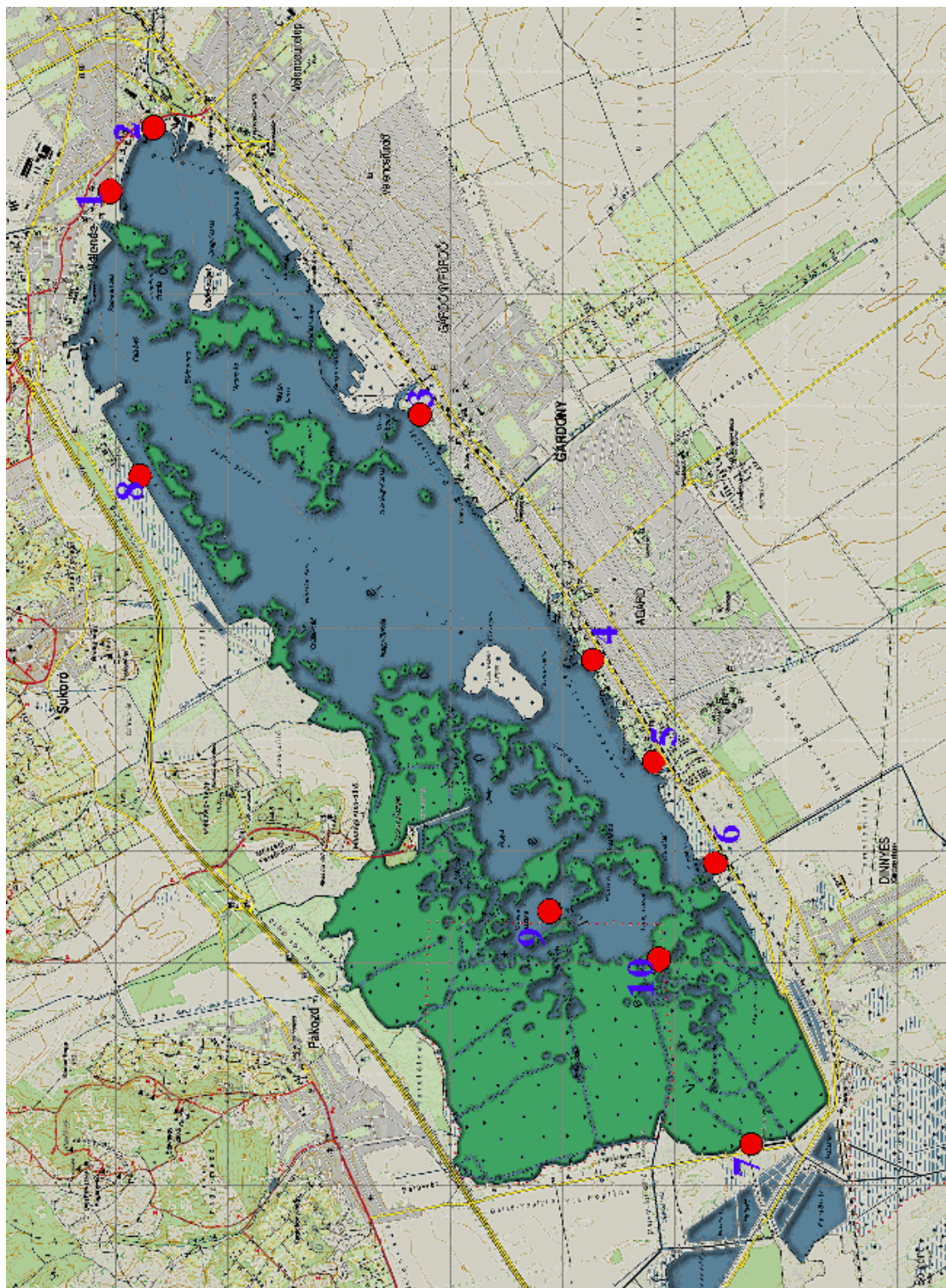
1. Táblázat. A program mintavételi helyei.

Mintavétel helyeinek sorszáma	Mintavétel helye
1	Velence strand
2	Velence hajókikötő
3	Gárdony kemping
4	Agárd hajókikötő
5	Agárd csónakkikötő
6	Kőhalasi kissarok
7	Nádgazdaság udvara
8	Kajakpálya
9	Német (Tari) tisztás
10	Lángi tisztás

A vízmintákat ($110\text{--}120\text{ dm}^3$) búvárszivattyúval a felszín alatt 40-50 cm mélységből vettük. A polietilén hordokban beérkezet vízmintákat 6 mol/dm^3 koncentrációjú HNO_3 -val savanyítottuk a feldolgozás előtt. A szedimentum mintákat Ekman dredge segítségével vettük. A kb. 5 kg tömegű szedimentum mintákat polietilén zsákokban szállítottuk a laboratóriumba. A parti sáv növényeit a felszín alatt 10 cm-re sarlóval vágtuk le, majd zsákokba gyűjtöttük. A halmintákat a MOHOSZ Velencei-tavi kirendeltsége biztosította számunkra.

Alkalmazott módszerek

A laboratóriumba beérkező különböző típusú minták feldolgozása, mintaelőkészítése és radioaktivitás mérése a laboratórium akkreditált (**NAT által az 501/0969 számon bejegyzett vizsgálólaboratórium**) módszertani előírásainak alapján történt. A vizsgálólaboratórium eljárásai közül a következő metodikákat alkalmaztuk ezen projekt keretében:



1. ábra. A projekt mintavételi pontjai

Nagyterfogatú vízminták előkoncentrációja gamma spektrometriai mérésre (OKK OSSKI HSZ 2001)

A módszer alkalmas a radioaktív elemeket (általában) igen kis koncentrációban tartalmazó környezeti eredetű vízminták tetszés szerinti mértékű dúsítására, és ezáltal a gamma sugárzó nuklidok igen kis koncentrációinak gamma spektrometriai úton történő kimutatására. Az üledék és lebegőanyag tartalom eltávolítása céljából a vizsgálandó mintát Sartorius nyomósűrő alkalmazásával, Whatman GF/C üvegszálas filteren átsűrjük. A tiszta szűrletből 50-100 dm³-t műanyag kannába mérünk. A kimért mennyiségű tiszta szűrletet nagyteljesítményű vákuum bepárlóban (POWER VAP, Genser Scientific Instruments, GERMANY) 50-55 °C-on, 20-25 mbar vákuum alatt, kb. 300 cm³-re bepároljuk. A bepárolt mintát sósavval megsavanyítjuk az esetlegesen kivált sótartalom oldatba vitele céljából, majd a bepárlást fűthető keverőn folytatjuk, amíg a minta térfogata a gamma spektrometriai mérés geometriája által megkívánt térfogatot eléri. A koncentrált mintát gamma spektrometriai mérésre továbbítjuk.

Növéyminták előkészítése radioaktivitás méréshez (összes béta, gamma spektrometria), valamint radiokémiai elválasztáshoz (OKK OSSKI HSZ 2001)

A mintaelőkészítés során a vizsgált mintát a méréshez megfelelő térfogatra illetve formára hozzuk. A gamma-spektrometriás mérésekhez a minta teljes mennyiségének hamuja felhasználható, összes-béta mérés, radiokémiai feldolgozás során a minta hamujának meghatározott részét használjuk fel. A szükséges nyers minta mennyisége általában 3-5 kg. Szárítással a minta térfogatát csökkentjük, hamvasztásra, illetve gamma-spektrometriás mérésre alkalmassá tesszük. Amennyiben a minta még szárított állapotban is nagy térfogatú, hamvasztani nem lehet (fű, takarmány) úgy őrléssel aprítottuk.

A mintát jellegének megfelelően tálcára, vagy porcelán edénybe helyezzük és szárítószekrényben 105 °C-on súlyállandóságig szárítjuk. Szükség esetén, ha a száraz térfogat túl nagy a további feldolgozáshoz a mintát aprítani kell őrlőmalomban. Az előzőleg megszáritott lemernt mintát porcelántálba tesszük. A mintát tartalmazó tálat hideg kemencébe tesszük be és a hőmérséklet szabályozót 200 °C-ra állítjuk, 3 órán keresztül hagyjuk ezen a hőfokon a mintát (a fokozatos elszenesítése végett). Ezután a hőmérsékletet 450 °C-ra növeljük és ezen a hőmérsékleten a mintát 24 óráig havasztjuk. Ha a minta még nem teljesen hamvadt el (sok szénszemcsét tartalmaz) a hamvasztást további 24 órán át folytatjuk, ez a lépés azoknál a mintáknál fontos ahol a minta további kémiai feldolgozásra kerül. A hamut dörzsmozsárban homogenizáljuk, és mérjük a tömegét. A hamuból végezzük el a további radioaktivitás méréseket.

Talajminták előkészítése radioaktivitás méréshez (összes béta, gamma spektrometria), valamint radiokémiai elválasztáshoz (OKK OSSKI HSZ 2001)

Mintaelőkészítés során a mintát egyszerű fizikai eljárásokkal olyan állapotúra alakítjuk, hogy az a további radiokémiai mérésre alkalmas, homogén és reprodukálható legyen. A mintaelőkészítés lépései a következők: szárítás, aprítás, homogenizálás, frakcionálás

A talajmintát alumínium tálcára öntjük, szétterítés után a növényi részeket, nagyobb köveket eltávolítjuk, az összeragadt rögöket szétörjük. A mintát tálcás szárítószekrényben 105 °C-on kiszárítjuk, a minta mennyiségétől és nedvességtartalmától függően 10-24 óráig. A lehűlt mintát golyósmalomban, ha szükséges őrlőmalomban aprítjuk, golyósmalomban homogenizáljuk. A golyósmalomból kivett homogenizált mintát laboratóriumi vibrációs szitagépen átszitáljuk és az 1,25 mm-es szitán áteső frakcióból végezzük el a radioaktivitás méréseket. A minta nedvességtartalmát ha szükséges szárítás előtt és után történő tömegmérésből meghatározzuk.

Környezeti és humán eredetű minták mérése passzív árnyékolású félvezető detektoros gamma-spektrometriai módszerrel (OKK OSSKI HSZ 2001)

A gamma-spektrometria nuklidspecifikus vizsgálati módszer: az energiaspektrum minőségi és mennyiségi vizsgálatra alkalmas. Gamma-spektrometriával a mintában lévő egy vagy többenergiájú gamma-sugárzó radionuklidok aktivitáskoncentrációját lehet közvetlenül mérni anélkül, hogy a mintát kémiaiailag roncsolni kelljen.

A gamma-spektrometriai mérőrendszer két CANBERRA GC1520 p- és GR20195 n-típusú 15 illetve 20 %-os relatív hatásfokú nagy tisztaságú germánium detektorral van felszerelve, amelyeket a háttérsugárzás csökkentése érdekében 10 cm falvastagságú ólomból készült árnyékolással veszünk körül. A CANBERRA gyártmányú AccuSpec/B sokcsatornás analizátorral és a Genie-2000 szoftverrel rendelkező számítógéppel felvettük és kiértékeljük a spektrumokat. A mérési idő 80000 és 160000 s között változott. A mintákat a következő mérési geometriákban mértük:

Marinelli edény 600cm³-ig feltöltve

Pordoboz 150cm³-ig feltöltve

„Gasztroplast” pohár 250cm³-ig feltöltve

⁴⁰K aktivitás-koncentrációjának meghatározása a kálium-ion koncentráció mérése alapján (OKK OSSKI HSZ 2001)

Vízminták esetén a kálium mérés, az “Ívóvízvizsgálat, nátrium-és kálium lángfotometriás meghatározása” MSZ 448-10:1977 szabványban leírtak szerint történik. A megmért kálium-koncentráció alapján számoljuk a vízminták ⁴⁰K aktivitás koncentrációját.

Megfelelően előkészített és feltárt növény, élelmiszer és talaj mintákból a kálium meghatározást atomabszorpciós spektrofotométeren (VARIAN SpectrAA-

200) lángemisszióban végezzük és a megmért kálium-koncentráció alapján számoljuk a minták ^{40}K aktivitás koncentrációját

Vízben lévő béta-sugárzó izotópok összes béta-aktivitásának meghatározása (MSZ 19376:1977 alapján OKK OSSKI HSZ 2001)

A módszer alkalmas mindazon különböző eredetű (természetes felszíni víz, csapadékvíz, ivóvíz, ásványvíz, gyógyvíz stb.) vízminta analízisére, amelyben a béta sugárzó radionuklid radioaktív koncentrációja legalább 50 mBq/dm^3 . Illékony radionuklidok, és 150 keV -nál kisebb bétaenergiával rendelkező izotópok kimutatására a módszer nem alkalmas.

A minta radionuklid koncentrációját bepárlással és hamvasztással növeljük, majd a keletkező vízhamu béta aktivitását mérjük. Az impulzus számlálás sebességéből számítjuk a vízminta radioaktív koncentrációját, Bq/dm^3 egységben. A bepárlás, illetve 380°C -on történő hamvasztás során az illékony radionuklidok elvesznek. A preparátum béta aktivitásának mérését alacsony háttérű béta-mérő berendezésben (BERTHOLD LB 770/5/2/PC) végezzük.

^{90}Sr radioaktív koncentrációjának meghatározása vízben (MSZ 19393:1986 alapján OKK OSSKI HSZ 2001)

A minta ^{90}Sr koncentrációját a vele radioaktív egyensúlyban lévő ^{90}Y radiokémiai módszerrel történő szelektív elválasztásával, majd azt követő mérésével határozzuk meg. Tömény salétromsavas oldatból salétromsavval ekvibrált tributil-foszfáttal az ittriumot a kétértékű kationok mellől extraháljuk. A szerves fázisból desztillált vízbe visszaextrahált ittriumot megfelelő pH mellett ittrium-oxalát csapadék alakjában választjuk le. A leválasztott csapadék aktivitásának meghatározását az ^{90}Y béta sugárzásának alacsonyháttérű mérőberendezéssel történő mérésével végezzük.

Az enyhén megsavanyított minta 100 liter nyi mennyiségéhez ittrium hordozó oldatot mértünk, majd vákuum bepárlóban, $50\text{--}55^\circ\text{C}$ -on, $20\text{--}25 \text{ mbar}$ vákuum alatt, bepárlással koncentráltuk kb. 1000 cm^3 -re. A koncentrált vízmintából a stronciumot nátrium-karbonáttal leválasztottuk. A karbonát csapadék salétromsavas feloldása után, a tömény salétromsavas oldatból tributil-foszfáttal extraháltuk az ittriumot a kétértékű kationok mellől. A szerves fázisból az ittriumot desztillált vízzel kivontuk. Az ittriumot megfelelő pH mellett ittrium-oxalát csapadék alakjában leválasztottuk. A minta radioaktivitásának meghatározását BERTHOLD gyártmányú (BERTHOLD LB 770/5/2/PC), alacsony háttérű alfa-, béta-mérő berendezéssel végeztük. A minta radiokémiai tisztaságának ellenőrzése céljából a minta mérését 14 nap elteltével megismételtük. Az esetleg előforduló „maradékaktivitás” más, hosszabb felezési idejű radioizotópok jelenlétére utal, melyet a számításnál korrekcióba vettünk. A kémiai procedura hatásfokát a kémiai kitermelés meghatározásával vesszük figyelembe. Ennek számításához a hordozóként hozzáadott ittrium mennyiségét az eljárás végén atomabszorpciós spektrometriával határoztuk meg.

Növényi eredetű minták összes béta-aktivitásának meghatározása (OKK OSSKI HSZ 2001)

A módszer alkalmas növényi, növényi eredetű minták hamujának összes-béta aktivitásának meghatározására, ha a mintában a bétasugárzók radioaktív koncentrációja nagyobb vagy egyenlő mint 0,06 Bq/g hamu. A minták hamutartalmának ismeretében a száraz vagy nyers tömegre vonatkoztatott aktivitás-koncentráció számolható. A módszer illékony, vagy 150 keV alatti bétaenergiával rendelkező izotópok aktivitásának mérésére nem alkalmas.

A mintaelőkészítés során (szárítás, homogenizálás, hamvasztás) a vizsgált mintát a méréshez megfelelő térfogatra illetve formára hozzuk. A minta hamujából 0,3 g-ot ismert felületű alumínium mérőtálcába mérünk, az anyagot egyenletesen eloszlatjuk a tálca felületén. A preparátumot a béta-aktivitás mérésére alkalmas, alacsonyháttérű béta-mérőberendezéssel mérjük (BERTHOLD LB 770/5/2/PC).

^{90}Sr radioaktív koncentrációjának meghatározása növény mintákban (OKK OSSKI HSZ 2001)

A módszer alkalmas különböző növényi minták ^{90}Sr aktivitás-koncentrációjának meghatározására, ha a mintában a ^{90}Sr aktivitás-koncentrációja nagyobb vagy egyenlő mint 0,1 Bq/kg.

A minta ^{90}Sr radioaktív koncentrációját, ^{90}Y bétasugárzásának mérésén keresztül határozzuk meg az ^{90}Y szelektív radiokémiai úton történő elválasztása után. A mérés azon alapul, hogy a ^{90}Sr és az ^{90}Y radioaktív egyensúlyban van. A növényi hamu savas feltárása után tömény (65%) salétromsavas oldatból salétromsavval ekvilibrált tributil-foszfáttal az ittriumot a kétértékű kationok –Ca, Mg, Sr, stb- mellől extraháljuk majd a szerves fázisból desztillált vízbe vissza extrahált ittriumot, megfelelő pH mellett ittrium-oxalát csapadék formájában választjuk le. A leválasztott csapadék aktivitását mérjük. A preparátumot a béta-aktivitás mérésére alkalmas, alacsonyháttérű béta-mérőberendezéssel mérjük (BERTHOLD LB 770/5/2/PC).

Izomzat és halminták feldolgozása, és aktivitás-koncentrációjának meghatározása (OKK OSSKI HSZ 2001)

A halból a feldolgozott minta mennyisége kb.2-3 kg. A húst és a csontos részeket elkülönítjük, a szárazanyag-, ill. hamutartalom meghatározásához kb.0,5-kg-ot kiveszünk. A minta többi részét kiszárítjuk, majd homogenizáljuk. Hal vizsgálatokor kétféle mintafeldolgozásra kerülhet sor. Amennyiben mód van rá, filézünk, azaz különválasztjuk a csontos és húsos részeket és ezeket külön mintaként dolgozzuk fel. Apró halaknál a teljes hal vizsgálatát egy mintaként végezzük el. A mintákat mikrohullámú sütőben 200°C-on, 2 órán át szárítjuk, vagy szárítószekrényben 200°C-on elszenesítjük, majd kemencében 450°C-on elhamvasztjuk a mintát.

Normális körülmények között a hús radioaktivitásának több. mint 90%-a a természetes eredetű ^{40}K izotóptól származik. Az összesbéta aktivitás-koncentráció

meghatározásához 0,5-1,0 g mennyiségű hamut mérünk be mérőtálcába, majd alacsonyháttérű béta-mérőberendezéssel mérjük.

A nuklidspecifikus méréshez az elhamvasztott mintát gamma-spektrométeren analizáljuk.

Talaj minták összes béta-aktivitásának meghatározása (OKK OSSKI HSZ 2001)

A módszer alkalmas talaj ill. szedimentum minta összes-béta aktivitásának meghatározására, ha a mintában a béta-sugárzók radioaktív koncentrációja nagyobb vagy egyenlő mint 0,02 Bq/g száraz talaj. Illékony, vagy 150 keV alatti bétaenergiával rendelkező izotópok aktivitásának mérésére nem alkalmas.

A szárítással, aprítással és frakcionálással előkészített szedimentum mintából 1,0 g -ot ismert felületű alumínium mérőtálcába mérünk, az anyagot egyenletesen eloszlatjuk a tálka felületén. A preparátumot a béta-aktivitás mérésére alkalmas, alacsonyháttérű béta-mérőberendezéssel mérjük (BERTHOLD LB 770/5/2/PC).

⁹⁰Sr radioaktív koncentrációjának meghatározása talaj mintákban (MSZ 19400:86)

A módszer alkalmas talaj ill. szedimentum mintákból a ⁹⁰Sr aktivitás-koncentrációjának meghatározására, ha a mintában a ⁹⁰Sr aktivitás-koncentrációja nagyobb vagy egyenlő mint 0,1 Bq/kg

A minta ⁹⁰Sr radioaktív koncentrációját, ⁹⁰Y béta-sugárzásának mérésén keresztül határozzuk meg az ⁹⁰Y szelektív radiokémiai úton történő elválasztása után. A mérés azon alapul, hogy a ⁹⁰Sr és az ⁹⁰Y radioaktív egyensúlyban van. A szedimentum savas feltárása után tömény (65%) salétromsavas oldatból salétromsavval ekvilibrált tributil-foszfáttal az ittriumot a kétértékű kationok –Ca, Mg, Sr, stb- mellől extraháljuk majd a szerves fázisból desztillált vízbe vissza extrahált ittriumot, megfelelő pH mellett ittrium-oxalát csapadék formájában választjuk le. A leválasztott csapadék aktivitását mérjük. A preparátumot a béta-aktivitás mérésére alkalmas, alacsonyháttérű béta-mérőberendezéssel mérjük (BERTHOLD LB 770/5/2/PC).

Vízben lévő trícium radioaktív koncentrációjának meghatározása (MSZ 19387:1987)

A vízmintákból 1-1 dm³-t csiszolatos gömblombikba mérünk, majd kráterrezsón ledesztillálunk kb.300 cm³ belőle. Ezután nátrium-peroxid hozzáadásával alkalikus elektrolitot állítunk elő, majd rozsdamentes acélból készített elektrolizáló cellában végezzük a víz elektrolízisét, hűtés mellett, 5-7 A áramerősséggel. A trícium-ionok mozgékonyasága kisebb, leválási potenciálja nagyobb mint a szabad protonoké, ezért az elektrolitból először a H₂O bomlik el, a maradék, triciált vízben (HTO) feldúsul. A dúsítás folyamán fellépő trícium veszteség meghatározására a mintákkal párhuzamosan trícium standard oldat dúsítását is el végezzük. A megfelelő mennyiségű víz elbontásához 660 Ah szükséges. A dúsított elektrolitból a vizet rozsdamentes acéllombikban ledesztilláljuk, alikvot részét polietilén szcintillációs küvettába mérjük, ULTIMA-GOLD™ LLT (PACKARD, USA) szcintillációs kóktélt

adunk hozzá és aktivitását CANBERRA PACKARD 2550 TR/AB folyadékszintillációs spektrométeren kétszer 100 percig mérjük.

EREDMÉNYEK

Ezen munka fő célkitűzése, hogy meghatározza egyrészt a különböző természetes másrészt a mesterséges eredetű radionuklidok koncentrációit a tó szedimentumában, vízében, különböző növényekben elsősorban nádban, és a tóban élő különböző halfajokban annak érdekében, hogy egy adatbázist hozzunk létre a Velencei-tó radióaktív szennyezettségéről. Ezen adatbázis a későbbi vizsgálatok alapjául szolgálhat. Tisztában vagyunk azzal, hogy a projekt során nyert adatok nem elégségesek mélyreható megállapítások megtételéhez (másfél éves felmérés) viszont a felhalmozott adatok alapján későbbi monitorozási program indítható el. Ennek megfelelően jelen jelentésünk nagyrésztben a mért eredmények közlésére szorítkozik, mélyreható konklúziók megtétele nélkül. Reményeink szerint ezen adatok felhasználhatók a helyi lakosság és az üdülő közönség tájékoztatására, ill. a Velencei-tó radiológiai adatbázisának megalapozására. A mért adatokból a következő radionuklidok koncentrációs értékeit közöljük:

természetes eredetű radionuklidok közül:

- a ^{232}Th -bomlási sorból az ^{228}Ac radioaktivitás koncentrációját,
- az ^{238}U bomlási sorába tartozó ^{234}Th és ^{226}Ra radioaktivitás koncentrációját,
- ahol lehetséges az ^{235}U radioaktivitás koncentrációját,
- a primordiális ^{40}K radioaktivitás koncentrációját,

mesterséges eredetű radionuklidok közül:

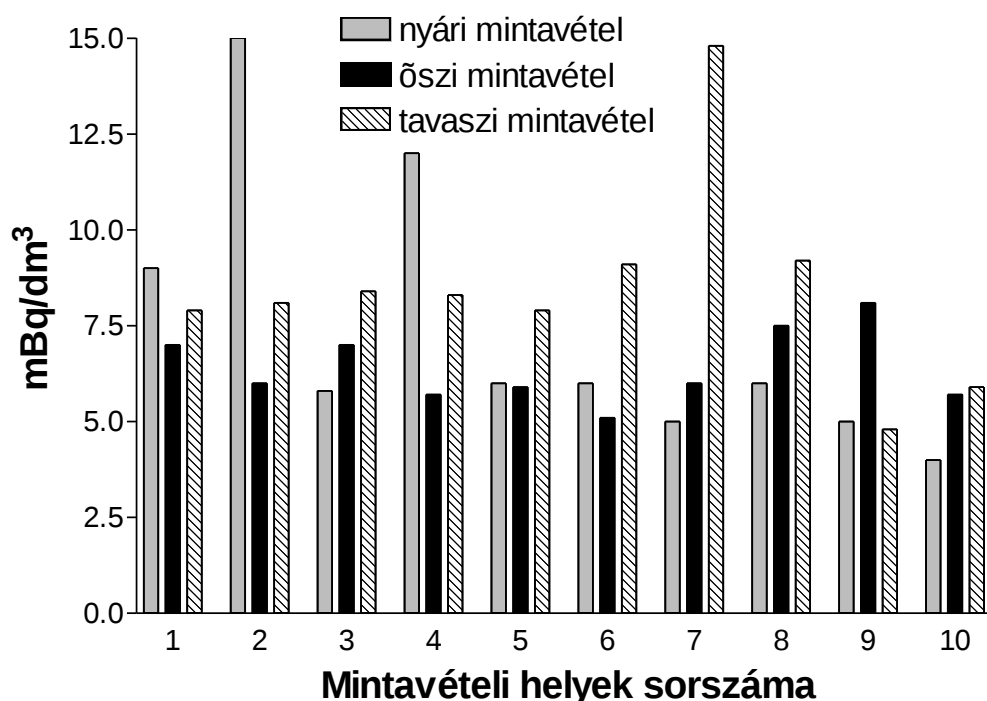
- a ^3H radioaktivitás koncentrációját,
- a ^{90}Sr és a ^{137}Cs radioaktivitás koncentrációját,
- a monitorozási célra széles körben használt összes-béta radioaktivitás szintjét.

A Velencei-tó vizének vizsgálata

A természetes eredetű radionuklidok (^{228}Ac , ^{234}Th , ^{226}Ra , ^{235}U) vizsgálatának eredményeit a 2-4. ábrákon mutatjuk be ill. a mért eredményeket 2.-3. Táblázatban közöljük. Az ábrák és a táblázatok tanulmányozása után a következő megállapítások tehetők:

- általában elmondható, hogy a Velencei-tavi vizmintákban a természetes eredetű radionuklidok koncentrációi egyenletesen oszlanak el úgy térben mint időben,
- általánosságban elmondható, hogy a tavaszi mintavételezés során vett mintákban ezen fent említett radionuklidok koncentrációi vagy magasabbak vagy közel azonosak az őszi és a nyári mintavétel során vett mintákban mért koncentrációs értékekkel. Azonban szezonális változás ilyen rövid vizsgált időszak alapján nem állapítható meg egyértelműen,

- a vizsgált vízmintákban mért ^{228}Ac aktivitás koncentráció 4-15 mBq/dm³ közötti tartományban mozgott és a három mintavételi időszakra számított átlagértéke 7 mBq/dm³-nek adódott. Ez az átlagérték hasonló a Balaton vízében mért átlagértékkel (9 mBq/dm³),
- a vizsgált vízmintákban mért ^{234}Th aktivitás koncentráció 32-130 mBq/dm³ közötti tartományban mozgott és a három mintavételi időszakra számított átlagértéke 75 mBq/dm³-nek adódott. Összehasonlítva a Balaton vizsgálatoknál mért eredményekkel (átlag: 45 mBq/dm³), megállapítható, hogy a Velencei tó vizében az átlagos ^{234}Th koncentráció kb. kétszer nagyobb,
- vizsgált vízmintákban mért ^{226}Ra aktivitás koncentráció 45-111 mBq/dm³ közötti tartományban mozgott és a három mintavételi időszakra számított átlagértéke 95 mBq/dm³-nek adódott. Összehasonlítva a Balaton vizsgálat adataival ahol a Balaton víz átlagos koncentrációja 55 mBq/dm³-nek adódott, a Velencei-tavi víz koncentrációja kétszer magasabb. Ez valószínűleg a két víz sókoncentrációjának jelentős különbségéből adódhat,
- A vizsgált vízmintákban mért ^{235}U aktivitás koncentráció minden esetben a mérőműszerünk kimutatási határa alatt volt, így érdemben az ^{235}U koncentrációjáról nyilatkozni nem tudunk.



2. ábra. A különböző helyen és időben vett Velencei-tavi vízmintákban mért ^{228}Ac aktivitás koncentráció értékei.

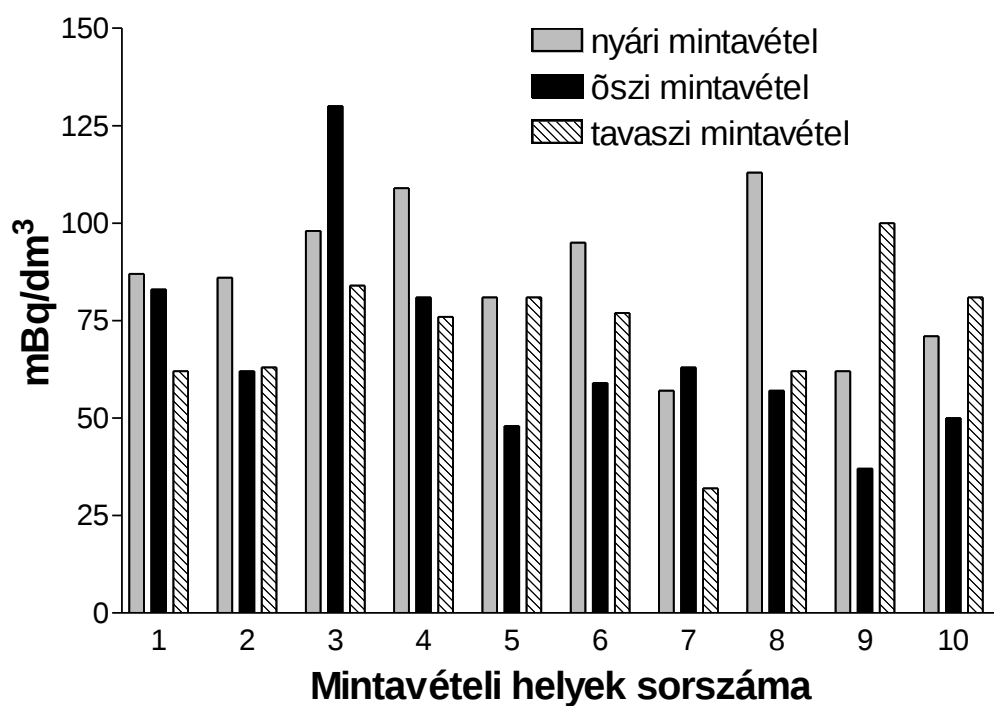
2. Táblázat. A nyári, az őszi és a tavaszi mintavételezéskor vett Velence tavi vizmintákban mért ^{228}Ac és ^{235}U radioaktivitás koncentráció értékei.

Mintavételi helyek sorszáma	Mintavétel helye	Mintavétel ideje	^{228}Ac		^{235}U	
			érték [mBq/l]	hiba %	érték [mBq/l]	hiba %
1	Velence strand	2002. 07. 08.	9,0	11	kha	
2	Velence hajókikötő	2002. 07. 08.	15,0	6	kha	
3	Gárdony kemping	2002. 07. 08.	<5,8		kha	
4	Agárd hajókikötő	2002. 07. 08.	12,0	7	kha	
5	Agárd csónakkikötő	2002. 07. 08.	6,0	13	kha	
6	Kőhalasi kissarok	2002. 07. 08.	6,0	15	kha	
7	Nádgazdaság udvara	2002. 07. 08.	5,0	16	kha	
8	Kajakpálya	2002. 07. 08.	6,0	13	kha	
9	Német tisztás	2002. 08. 29.	5,0	15	kha	
10	Lángi tisztás	2002. 08. 29.	4,0	20	kha	
1	Velence strand	2002. 11. 07.	7,0	14	kha	
2	Velence hajókikötő	2002. 11. 07.	6,0	19	kha	
3	Gárdony kemping	2002. 11. 07.	7,0	15	kha	
4	Agárd hajókikötő	2002. 11. 07.	5,7	19	kha	
5	Agárd csónakkikötő	2002. 11. 11.	5,9	19	kha	
6	Kőhalasi kissarok	2002. 11. 11.	5,1	22	kha	
7	Nádgazdaság udvara	2002. 11. 11.	6,0	16	kha	
8	Kajakpálya	2002. 11. 07.	7,5	15	kha	
9	Német tisztás	2002. 11. 11.	8,1	17	kha	
10	Lángi tisztás	2002. 11. 11.	5,7	20	kha	
1	Velence strand	2003. 05. 09.	7,9	13	kha	
2	Velence hajókikötő	2003. 05. 09.	8,1	12	kha	
3	Gárdony kemping	2003. 05. 09.	8,4	12	kha	
4	Agárd hajókikötő	2003. 05. 09.	8,3	13	kha	
5	Agárd csónakkikötő	2003. 05. 09.	7,9	14	kha	
6	Kőhalasi kissarok	2003. 05. 09.	9,1	13	kha	
7	Nádgazdaság udvara	2003. 05. 09.	14,8	6	kha	
8	Kajakpálya	2003. 05. 09.	9,2	13	kha	
9	Német tisztás	2003. 05. 16.	4,8	23	kha	
10	Lángi tisztás	2003. 05. 16.	5,9	17	kha	

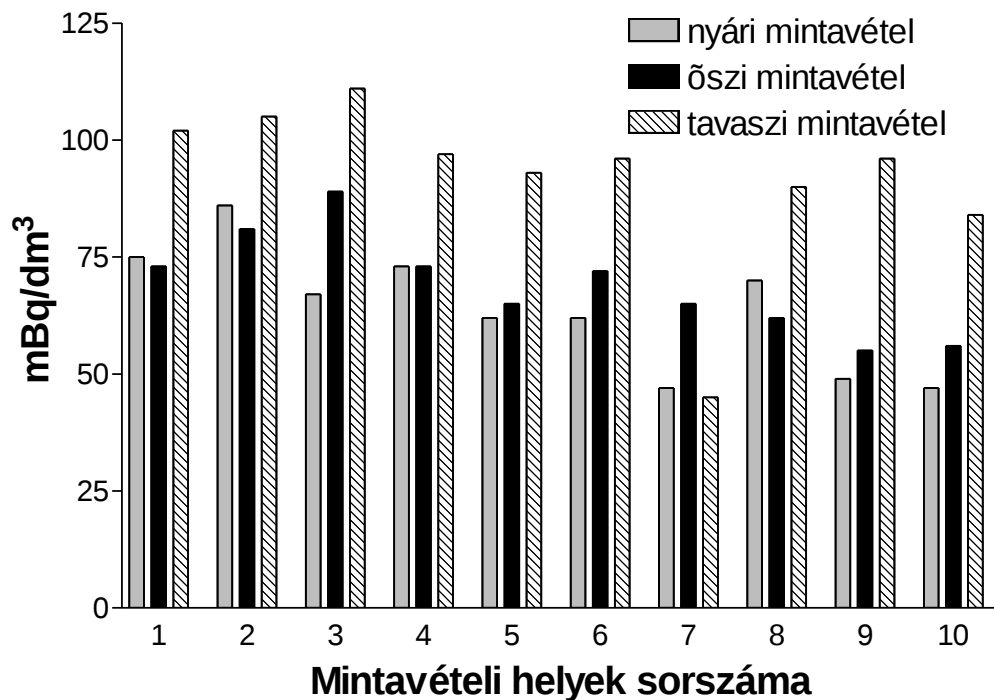
kha= kimutatási határ alatt

3. Táblázat. A nyári, az őszi és a tavaszi mintavételezéskor vett Velencei-tavi vízmintákban mért ^{226}Ra és ^{234}Th radioaktivitás koncentrációi

Mintavételi helyek sorszáma	Mintavétel helye	Mintavétel ideje	^{226}Ra		^{234}Th	
			érték [mBq/l]	hiba %	érték [mBq/l]	hiba %
1	Velence strand	2002. 07. 08.	75,2	6	87,6	4
2	Velence hajókikötő	2002. 07. 08.	86,3	5	86,4	4
3	Gárdony kemping	2002. 07. 08.	67,1	6	98,1	4
4	Agárd hajókikötő	2002. 07. 08.	73,1	6	109,1	3
5	Agárd csónakkikötő	2002. 07. 08.	62,4	7	81,3	4
6	Kőhalasi kissarok	2002. 07. 08.	62,1	7	95,6	4
7	Nádgazdaság udvara	2002. 07. 08.	47,8	8	57,7	6
8	Kajakpálya	2002. 07. 08.	70,2	6	113,1	3
9	Német tisztás	2002. 08. 29.	49,9	8	62,8	6
10	Lángi tisztás	2002. 08. 29.	47,8	8	71,4	5
1	Velence strand	2002. 11. 07.	73,7	7	83,1	5
2	Velence hajókikötő	2002. 11. 07.	81,1	6	61,8	6
3	Gárdony kemping	2002. 11. 07.	89,4	6	130,0	3
4	Agárd hajókikötő	2002. 11. 07.	73,1	7	81,4	5
5	Agárd csónakkikötő	2002. 11. 11.	64,6	7	47,9	7
6	Kőhalasi kissarok	2002. 11. 11.	72,3	6	59,4	6
7	Nádgazdaság udvara	2002. 11. 11.	65,3	7	63,2	6
8	Kajakpálya	2002. 11. 07.	62,0	8	57,0	7
9	Német tisztás	2002. 11. 11.	55,3	8	37,2	9
10	Lángi tisztás	2002. 11. 11.	55,9	8	49,9	7
1	Velence strand	2003. 05. 09.	102,3	5	61,6	6
2	Velence hajókikötő	2003. 05. 09.	105,1	5	63,7	6
3	Gárdony kemping	2003. 05. 09.	111,7	5	83,8	5
4	Agárd hajókikötő	2003. 05. 09.	97,3	5	75,9	5
5	Agárd csónakkikötő	2003. 05. 09.	93,2	5	80,6	5
6	Kőhalasi kissarok	2003. 05. 09.	96,2	5	77,3	5
7	Nádgazdaság udvara	2003. 05. 09.	45,2	10	31,9	10
8	Kajakpálya	2003. 05. 09.	90,2	5	61,6	6
9	Német tisztás	2003. 05. 16.	96,2	5	100,1	4
10	Lángi tisztás	2003. 05. 16.	84,1	6	81,3	5



3. ábra. A különböző helyen és időben vett Velencei-tavi vízmintákban mért ^{234}Th aktivitás koncentráció értékei.



4. ábra. A különböző helyen és időben vett Velencei-tavi vízmintákban mért ^{226}Ra aktivitás koncentráció értékei.

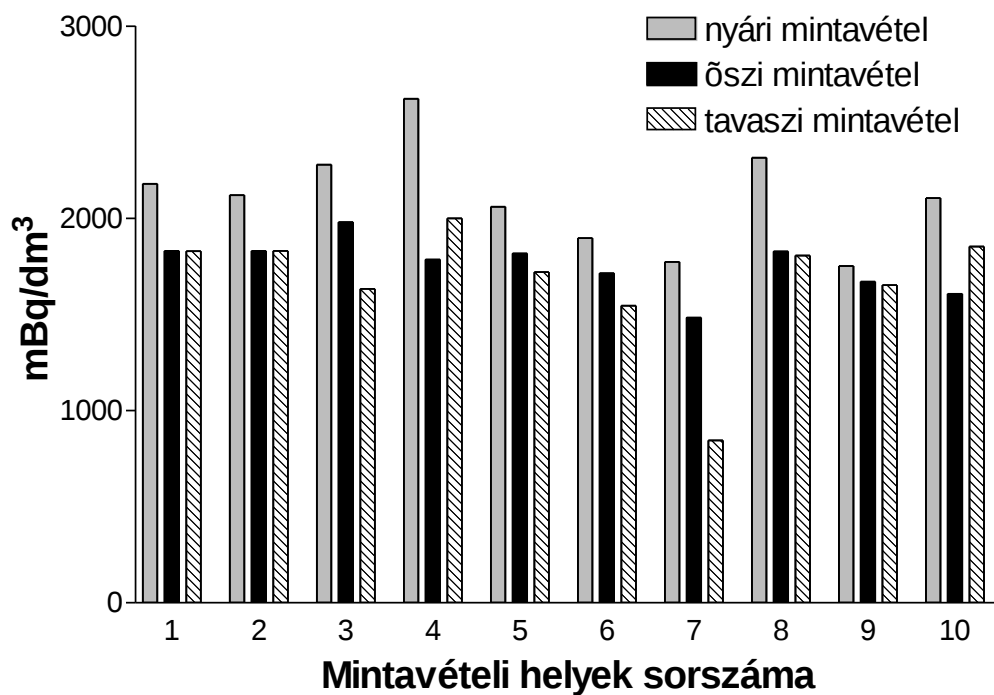
A sugáregészségügyi monitorozási célra széles körben használt összes-béta radioaktivitás koncentráció szintjét az 4. Táblázatban ill. 5. ábrán mutatjuk be. Mivel a szakirodalom alapján normál körülmények között az összes béta aktivitás 80-90 %-a természetes ^{40}K béta sugárzásából adódik, így logikus, hogy ezen két adatsort együtt tárgyaljuk. A ^{40}K eredményeket az 4. Táblázatban és a 6. ábrán közöljük. Az ábrák és a táblázat vizsgálata során a következő megállapítások tehetők:

- a Velencei-tó különböző helyein mért összes béta és ^{40}K koncentrációi közel azonos értéket mutatnak amiből arra a következtetésre juthatunk, hogy a ^{40}K egyenletesen oszlik el a Velencei tó vizében,
- nagy általánosságban elmondható, hogy időbeni eltérés nem mutatható ki úgy az összes-béta mint a ^{40}K aktivitás koncentrációi értékeiben. Ezek alapján szezonális változás nem állapítható meg. Természetesen ezen megállapítást óvatosan kell kezelnünk, mivel a vizsgált időszak nagyon rövid (1,5 év),
- a vizsgált vízmintákban mért összes béta aktivitás koncentráció 845-2622 mBq/dm^3 közötti tartományban mozgott és a három mintavételi időszakra számított átlagértéke 1846 mBq/dm^3 -nek adódott. Ez az átlagérték jóval magasabb mint az Intézetünk által 20 éve folyó Dunaprogram során a természetes felszíni vizekre vonatkozó adatok ill a Balaton vizének összes béta átlagkoncentrációs adata (255 mBq/dm^3). Az összes-béta aktivitás koncentrációs adat nem elégíti ki a WHO által az ivóvizekre ajánlott 1 Bq/dm^3 határértéket. Másszóval a Velencei-tó vize jelenleg sugáregészségügyi szempontból nem minősíthető ivóvíznek,
- a vizsgált vízmintákban mért ^{40}K aktivitás koncentráció 823-1960 mBq/dm^3 közötti tartományban mozgott és a három mintavételi időszakra számított átlagértéke 1513 mBq/dm^3 -nek adódott. Ez az átlagérték kb. tízszer magasabb mint az Intézetünk által 20 éve folyó Dunaprogram során a természetes felszíni vizekre vonatkozó adatok ($\sim 200 \text{ mBq/dm}^3$),
- összehasonlítva a Velencei-tó ill. a Balaton vizének adatait, megállapítható, hogy úgy az összes béta mint a ^{40}K koncentrációk jóval magasabbak a Velencei tó vizében. Ez magyarázható a két víz ionkoncentrációjának különbözőségével.

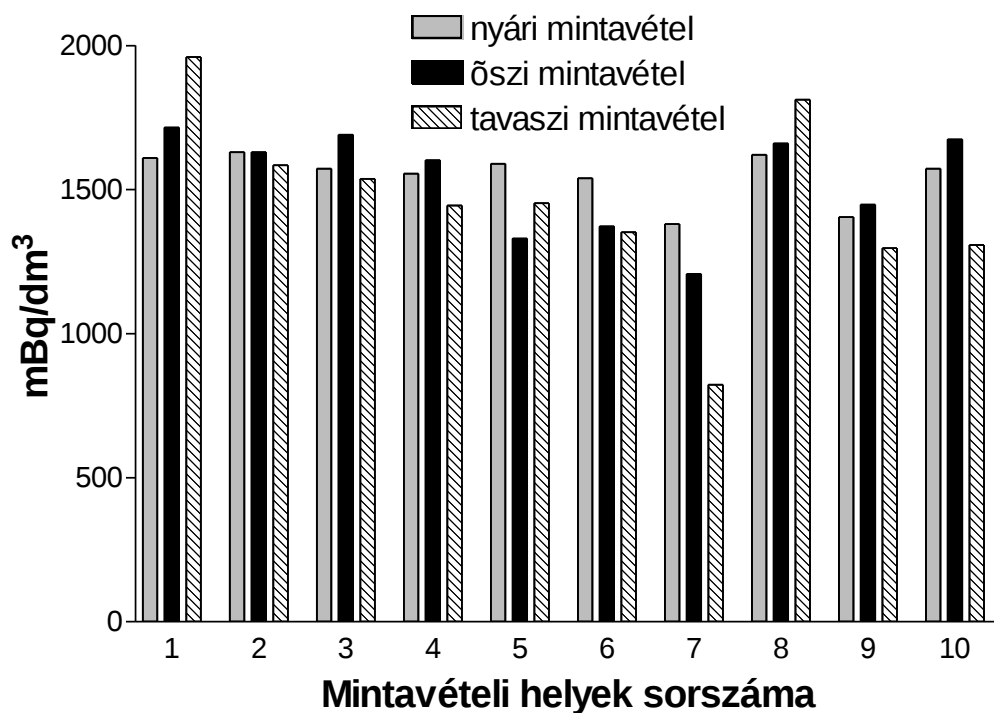
Itt emelnénk ki ismételten, hogy a Velencei-tavi víz összes-béta aktivitás koncentrációi a **WHO által az ivóvizekre ajánlott 1 Bq/dm^3 -es referencia értéket jóval meghaladták. Tehát hétköznapien szólva a Velencei-tó vize sugáregészségügyi szempontok alapján ivóvíznek nem minősíthető.**

4. Táblázat. A nyári, az őszi és a tavaszi mintavételezéskor vett Velencei-tavi vízmintákban mért összes- béta és ^{40}K radioaktivitás koncentrációi

Mintavételi helyek sorszáma	Mintavétel helye	Mintavétel ideje	Összes-béta		^{40}K	
			érték [mBq/l]	hiba %	érték [mBq/l]	hiba %
1	Velence strand	2002. 07. 08.	2180	6	1610	0,3
2	Velence hajókikötő	2002. 07. 08.	2120	6	1629	0,4
3	Gárdony kemping	2002. 07. 08.	2279	6	1573	0,3
4	Agárd hajókikötő	2002. 07. 08.	2622	6	1556	0,4
5	Agárd csónakkikötő	2002. 07. 08.	2060	6	1590	0,3
6	Kőhalasi kissarok	2002. 07. 08.	1897	6	1540	0,3
7	Nádgazdaság udvara	2002. 07. 08.	1773	6	1380	0,5
8	Kajakpálya	2002. 07. 08.	2316	6	1621	0,5
9	Német tisztás	2002. 08. 29.	1752	6	1405	0,4
10	Lángi tisztás	2002. 08. 29.	2106	6	1573	0,4
1	Velence strand	2002. 11. 07.	1830	6	1716	0,8
2	Velence hajókikötő	2002. 11. 07.	1831	6	1630	0,7
3	Gárdony kemping	2002. 11. 07.	1980	6	1691	0,8
4	Agárd hajókikötő	2002. 11. 07.	1785	6	1602	0,7
5	Agárd csónakkikötő	2002. 11. 11.	1817	6	1330	1,0
6	Kőhalasi kissarok	2002. 11. 11.	1715	6	1372	0,9
7	Nádgazdaság udvara	2002. 11. 11.	1484	6	1207	0,9
8	Kajakpálya	2002. 11. 07.	1828	6	1660	0,8
9	Német tisztás	2002. 11. 11.	1671	6	1448	0,9
10	Lángi tisztás	2002. 11. 11.	1607	6	1674	0,9
1	Velence strand	2003. 05. 09.	1829	6	1960	0,9
2	Velence hajókikötő	2003. 05. 09.	1830	6	1585	0,9
3	Gárdony kemping	2003. 05. 09.	1633	6	1537	0,2
4	Agárd hajókikötő	2003. 05. 09.	1999	6	1445	1,0
5	Agárd csónakkikötő	2003. 05. 09.	1721	6	1453	1,0
6	Kőhalasi kissarok	2003. 05. 09.	1545	6	1352	0,9
7	Nádgazdaság udvara	2003. 05. 09.	845	6	823	1,0
8	Kajakpálya	2003. 05. 09.	1806	6	1812	0,9
9	Német tisztás	2003. 05. 16.	1653	6	1297	0,7
10	Lángi tisztás	2003. 05. 16.	1854	6	1308	0,8



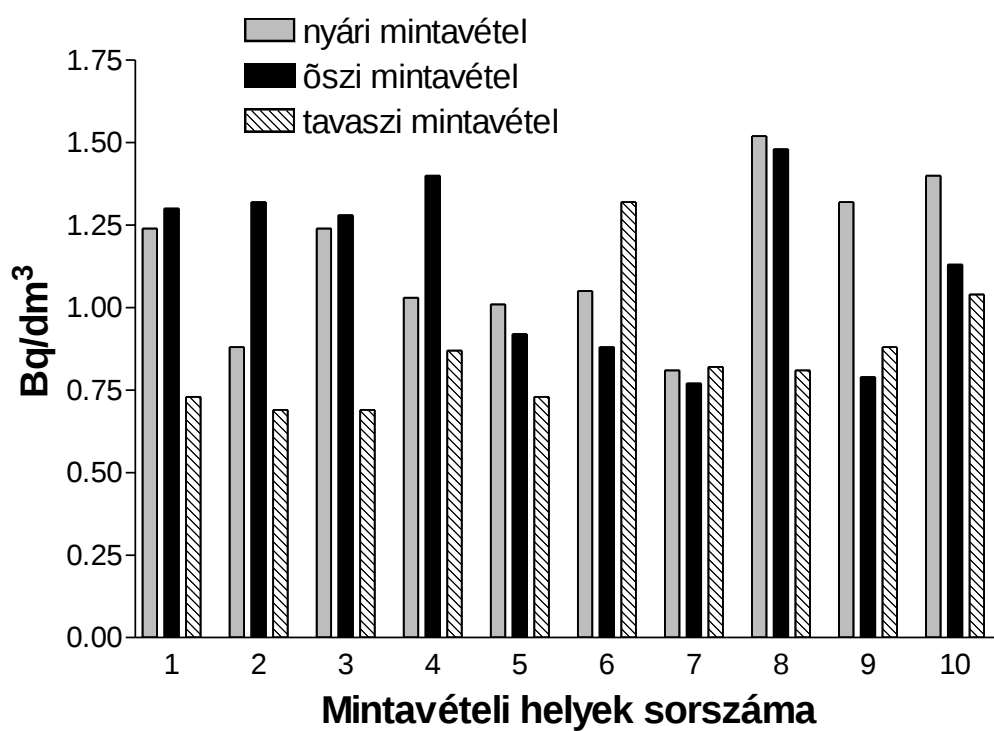
5. ábra. A különböző helyen és időben vett Velencei-tavi vízmintákban mért összes-béta aktivitás koncentráció értékei.



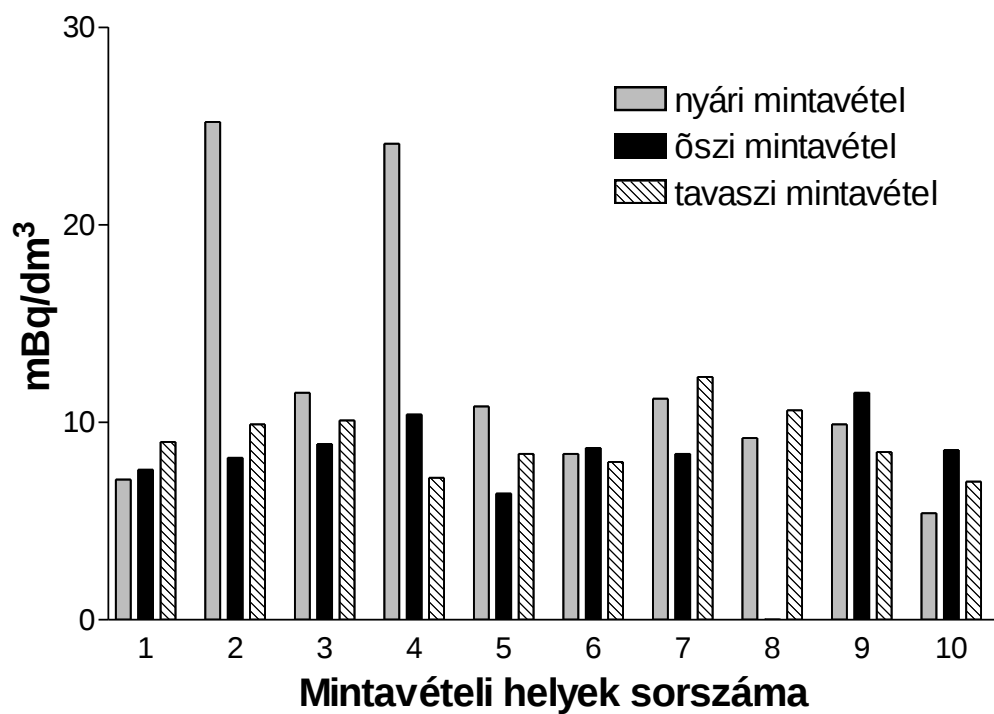
6. ábra. A különböző helyen és időben vett Velencei-tavi vízmintákban mért ^{40}K aktivitás koncentráció értékei.

A mesterséges eredetű radionuklidok közül a ^3H radioaktivitás koncentráció szintjét a 5. Táblázatban ill. 7. ábrán, a ^{90}Sr radioaktivitás koncentráció szintjét 5. Táblázatban ill. a 8. ábrán míg a ^{137}Cs radioaktivitás koncentráció szintjét a 6. Táblázatban ill. a 9. ábrán mutatjuk be. Természetesen mértük a Csernobili reaktorbalesetből eredő ^{134}Cs aktivitás koncentrációját is, amely minden esetben a mérőműszereink kimutatási határa alatti értéket mutatott, ezért az adatokat nem közöljük ezen összeállításban. Az ábrák és a táblázatok adatainak elemzése után a következő megállapítások tehetők:

- a Velencei tó különböző helyein mért ^3H , ^{90}Sr és ^{137}Cs koncentrációi közel azonos értéket mutatnak, amiből arra a következtetésre juthatunk, hogy ezen radionuklidok egyenletesen oszlanak meg a Velencei-tó vizében. Gondosabb elemzés során megállapítható, hogy számos helyen magasabb értékeket mértünk úgy a ^3H , ^{137}Cs mint a ^{90}Sr aktivitás koncentráció esetében. Ezen kiugró értékekre magyarázatot nem tudunk adni,
- általánosságban elmondható, hogy a nyári és az őszi mintavételezés során vett mintákban, úgy a ^{90}Sr mint a ^{137}Cs aktivitás koncentrációi magasabbak a tavaszi mintavétel során vett mintákban mért koncentrációs értékeknél. A ^3H adatok vizsgálata is ezt a jelenséget támasztja alá. Ezek alapján szezonális változásra következtethetünk. Természetesen ezen megállapítást óvatosan kell kezelünk mivel a vizsgált időszak nagyon rövid (1,5 év) volt. A ^{90}Sr , a ^3H és a ^{137}Cs esetében felfedezni vélt jelenséget magyarázhatjuk a vízállás változásával is, mivel a megnövekedett aktivitás értékek a Velencei-tó vizének “bepárlódásából” is adódhatnak,
- a vizsgált vízmintákban mért ^3H aktivitás koncentráció $0,69\text{--}1,52\text{ Bq/dm}^3$ közötti tartományban mozgott és a három mintavételi időszakra számított átlagértéke $1,04\text{ Bq/dm}^3$ -nek adódott. Ez az érték alacsonyabb a jelenleg egyéb felszíni vizekre megállapított $\sim 2\text{ Bq/dm}^3$ -es átlagértéknél,
- a vizsgált vízmintákban mért ^{90}Sr aktivitás koncentráció $5,2\text{--}25,2\text{ mBq/dm}^3$ közötti tartományban mozgott és a három mintavételi időszakra számított átlagértéke 10 mBq/dm^3 -nek adódott. Ez az érték kissé magasabb az ezen időszak alatt a Dunában mért radiostroncium koncentrációs adatainál ($\sim 2\text{--}3\text{ mBq/dm}^3$), viszont jó egyezést mutat a Balaton vizének 7 mBq/dm^3 -es átlagértékével. Ebből arra következtethetünk, hogy a valaha a Velencei-tavat ill. a Balatont hasonló nagyságú ^{90}Sr szennyeződés érte ami nem tud eltávozni a tóból és a víz ^{90}Sr aktivitás koncentrációját a víz és a szedimentum közötti pillanatnyi megoszlási hányados fogja befolyásolni,
- a vizsgált vízmintákban mért ^{137}Cs aktivitás koncentráció $1,3\text{--}8,3\text{ mBq/dm}^3$ közötti tartományban mozgott és a három mintavételi időszakra számított átlagértéke 4 mBq/dm^3 -nek adódott. Ez az érték kissé magasabb az ezen időszak alatt a Dunában ill. a Balatonban mért radiocézium koncentrációs adatainál ($\sim 2\text{ mBq/dm}^3$). Ebből arra következtethetünk, hogy a valaha a Velencei tavat ért ^{137}Cs szennyeződés nem tud eltávozni a tóból és a víz ^{137}Cs aktivitás koncentrációját a víz és a szedimentum közötti pillanatnyi megoszlási hányados fogja befolyásolni



7. ábra. A különböző helyen és időben vett Velencei-tavi vízmintákban mért trícium aktivitás koncentráció értékei.



8. ábra. A különböző helyen és időben vett Velencei-tavi vízmintákban mért ⁹⁰Sr aktivitás koncentráció értékei.

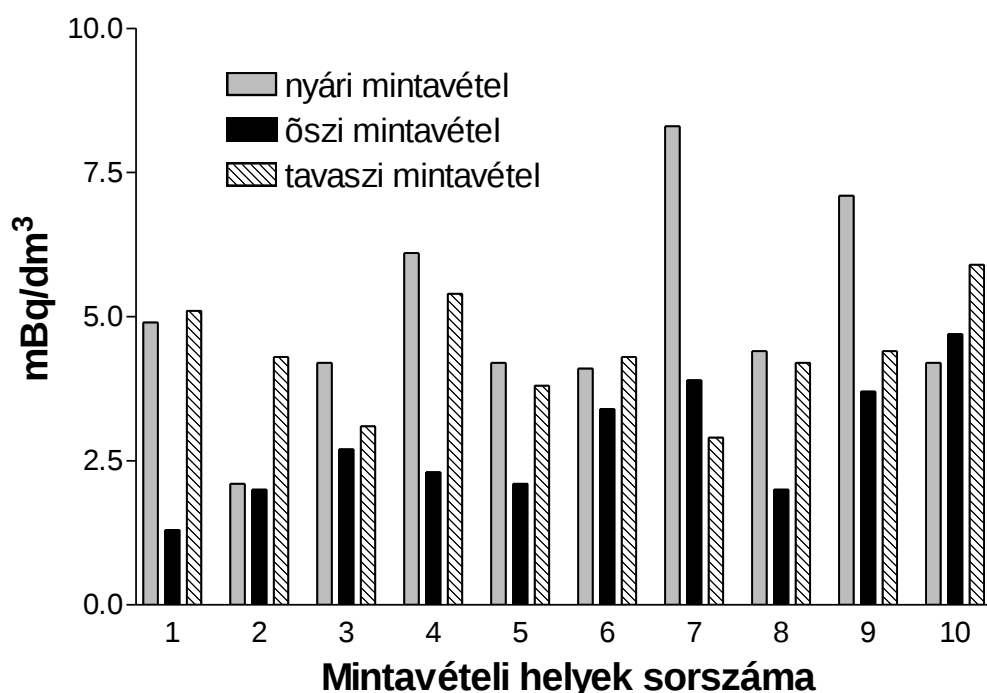
5. Táblázat. A nyári, az őszi és a tavaszi mintavételezéskor vett Velencei-tavi vízmintákban mért ^3H és ^{90}Sr radioaktivitás koncentrációi

Mintavételi helyek sorszáma	Mintavétel helye	Mintavétel ideje	^3H		^{90}Sr	
			érték [Bq/l]	hiba %	érték [mBq/l]	hiba %
1	Velence strand	2002. 07. 08.	1,24	33	7,1	5
2	Velence hajókikötő	2002. 07. 08.	0,88	49	25,2	6
3	Gárdony kemping	2002. 07. 08.	1,24	35	11,5	8
4	Agárd hajókikötő	2002. 07. 08.	1,03	43	24,1	5
5	Agárd csónakkikötő	2002. 07. 08.	1,01	42	10,8	8
6	Kőhalasi kissarok	2002. 07. 08.	1,05	38	8,4	7
7	Nádgazdaság udvara	2002. 07. 08.	0,81	48	11,2	7
8	Kajakpálya	2002. 07. 08.	1,52	30	9,2	7
9	Német tisztás	2002. 08. 29.	1,32	33	9,9	7
10	Lángi tisztás	2002. 08. 29.	1,40	33	5,4	9
1	Velence strand	2002. 11. 07.	1,30	31	7,6	17
2	Velence hajókikötő	2002. 11. 07.	1,32	30	8,2	12
3	Gárdony kemping	2002. 11. 07.	1,28	32	8,9	8
4	Agárd hajókikötő	2002. 11. 07.	1,40	26	10,4	11
5	Agárd csónakkikötő	2002. 11. 11.	0,92	43	6,4	8
6	Kőhalasi kissarok	2002. 11. 11.	0,88	45	8,7	7
7	Nádgazdaság udvara	2002. 11. 11.	0,77	47	8,4	7
8	Kajakpálya	2002. 11. 07.	1,48	27	-----*	
9	Német tisztás	2002. 11. 11.	0,79	46	11,5	7
10	Lángi tisztás	2002. 11. 11.	1,13	35	8,6	7
1	Velence strand	2003. 05. 09.	0,73	46	9,0	7
2	Velence hajókikötő	2003. 05. 09.	0,69	47	9,9	9
3	Gárdony kemping	2003. 05. 09.	0,69	42	10,1	7
4	Agárd hajókikötő	2003. 05. 09.	0,87	34	7,2	7
5	Agárd csónakkikötő	2003. 05. 09.	0,73	42	8,4	7
6	Kőhalasi kissarok	2003. 05. 09.	1,32	27	8,0	7
7	Nádgazdaság udvara	2003. 05. 09.	0,82	40	12,3	6
8	Kajakpálya	2003. 05. 09.	0,81	41	10,6	7
9	Német tisztás	2003. 05. 16.	0,88	37	8,5	8
10	Lángi tisztás	2003. 05. 16.	1,04	35	7,0	10

* a minta a ^{90}Sr feldolgozás során megsemmisült

6. Táblázat. A nyári, az őszi és a tavaszi mintavételezéskor vett Velencei-tavi vízmintákban mért ^{137}Cs radioaktivitás koncentrációi

Mintavételi helyek sorszáma	Mintavétel helye	Mintavétel ideje	^{137}Cs		érték [mBq/l]	hiba %
			érték [mBq/l]	hiba %		
1	Velence strand	2002. 07. 08.	4,9	7		
2	Velence hajókikötő	2002. 07. 08.	2,1	12		
3	Gárdony kemping	2002. 07. 08.	4,2	7		
4	Agárd hajókikötő	2002. 07. 08.	6,3	6		
5	Agárd csónakkikötő	2002. 07. 08.	4,6	7		
6	Kőhalasi kissarok	2002. 07. 08.	4,1	7		
7	Nádgazdaság udvara	2002. 07. 08.	8,2	5		
8	Kajakpálya	2002. 07. 08.	4,7	8		
9	Német tisztás	2002. 08. 29.	7,2	5		
10	Lángi tisztás	2002. 08. 29.	4,8	7		
1	Velence strand	2002. 11. 07.	1,3	20		
2	Velence hajókikötő	2002. 11. 07.	2,0	17		
3	Gárdony kemping	2002. 11. 07.	2,7	12		
4	Agárd hajókikötő	2002. 11. 07.	2,3	14		
5	Agárd csónakkikötő	2002. 11. 11.	2,1	13		
6	Kőhalasi kissarok	2002. 11. 11.	3,4	10		
7	Nádgazdaság udvara	2002. 11. 11.	3,9	9		
8	Kajakpálya	2002. 11. 07.	2,0	14		
9	Német tisztás	2002. 11. 11.	3,7	9		
10	Lángi tisztás	2002. 11. 11.	4,7	8		
1	Velence strand	2003. 05. 09.	5,1	8		
2	Velence hajókikötő	2003. 05. 09.	4,3	9		
3	Gárdony kemping	2003. 05. 09.	3,1	11		
4	Agárd hajókikötő	2003. 05. 09.	5,4	7		
5	Agárd csónakkikötő	2003. 05. 09.	3,8	9		
6	Kőhalasi kissarok	2003. 05. 09.	4,3	8		
7	Nádgazdaság udvara	2003. 05. 09.	2,9	11		
8	Kajakpálya	2003. 05. 09.	4,2	9		
9	Német tisztás	2003. 05. 16.	4,4	8		
10	Lángi tisztás	2003. 05. 16.	5,9	7		



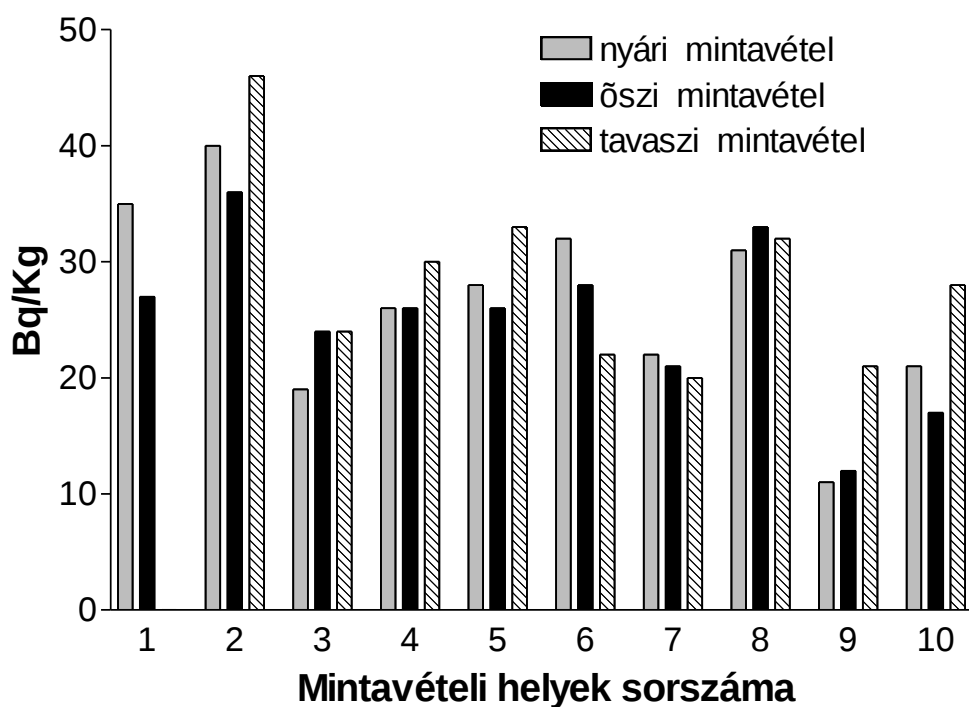
9. ábra. A különböző helyen és időben vett Velencei-tavi vízmintákban mért ^{137}Cs aktivitás koncentráció értékei.

Velence-tavi szedimentum vizsgálata

A természetes eredetű radionuklidok (^{228}Ac , ^{234}Th , ^{226}Ra , ^{235}U) vizsgálatának eredményeit a 10-13. ábrákon mutatjuk be, ill. a mért eredményeket 7.-8. Táblázatban közöljük. Az ábrák és a táblázatok tanulmányozása után a következő megállapítások tehetők:

- a Velencei-tó különböző helyein mért természetes radionuklidok alacsony koncentrációi közel azonos értéket mutatnak, amiből arra a következtetésre juthatunk, hogy ezen nuklidok egyenletesen oszlanak el a Velencei-tó szedimentumában, vagyis térbeli változás nem mutatható ki,
- meglepő adatként kezelhetjük az őszi mintavételezés során nyert a Kőhalasi kissarok szedimentumában megjelenő magasabb ^{226}Ra , ^{235}U és ^{234}Th koncentrációkat melyekre jelen pillanatban magyarázatot adni nem tudunk,
- általánosságban elmondható, hogy a tavaszi mintavételezés során vett mintákban ezen fent említett radionuklidok koncentrációi kissé magasabbak, de nem térnek el jelentősen a nyári és az őszi mintavétel során vett mintákban mért koncentrációs értékektől. Ennek megfelelően szezonális változás ilyen rövid vizsgált időszak alapján nem állapítható meg,
- a vizsgált szedimentum mintákban mért ^{228}Ac aktivitás koncentráció 11-46 Bq/kg közötti tartományban mozgott és a három mintavételi időszakra számított átlagértéke 27 Bq/kg-nak adódott. Ez a koncentrációs átlagérték jó egyezést mutat a balatoni szedimentumban mért átlagértékkel (34 Bq/kg),

- a vizsgált szedimentum mintákban mért ^{234}Th aktivitás koncentráció 25-143 Bq/kg közötti tartományban mozgott és a három mintavételi időszakra számított átlagértéke 60 Bq/kg-nak adódott. Ez a koncentrációs átlagérték jó egyezést mutat a balatoni szedimentumban mért átlagértékkel (54 Bq/kg),
- vizsgált szedimentum mintákban mért ^{226}Ra aktivitás koncentráció 26-76 Bq/kg közötti tartományban mozgott és a három mintavételi időszakra számított átlagértéke 45 Bq/kg-nak adódott. Ez a koncentrációs átlagérték megközelítőleg a fele a balatoni szedimentumban mért átlagértékekkel (99 Bq/kg),
- A vizsgált szedimentum mintákban mért ^{235}U aktivitás koncentráció 0,7-3,4 Bq/kg közötti tartományban mozgott és a három mintavételi időszakra számított átlagértéke 1,9 Bq/kg-nak adódott. Ez a koncentrációs átlagérték megközelítőleg a fele a balatoni szedimentumban mért átlagértékekkel (4 Bq/kg).



10. ábra. A különböző helyen és időben vett Velencei-tavi szedimentum mintákban mért ^{228}Ac aktivitás koncentráció értékei.

7. Táblázat. A nyári, az őszi és a tavaszi mintavételezéskor vett Velencei-tavi szedimentum mintákban mért ^{228}Ac és ^{235}U radioaktivitás koncentrációi

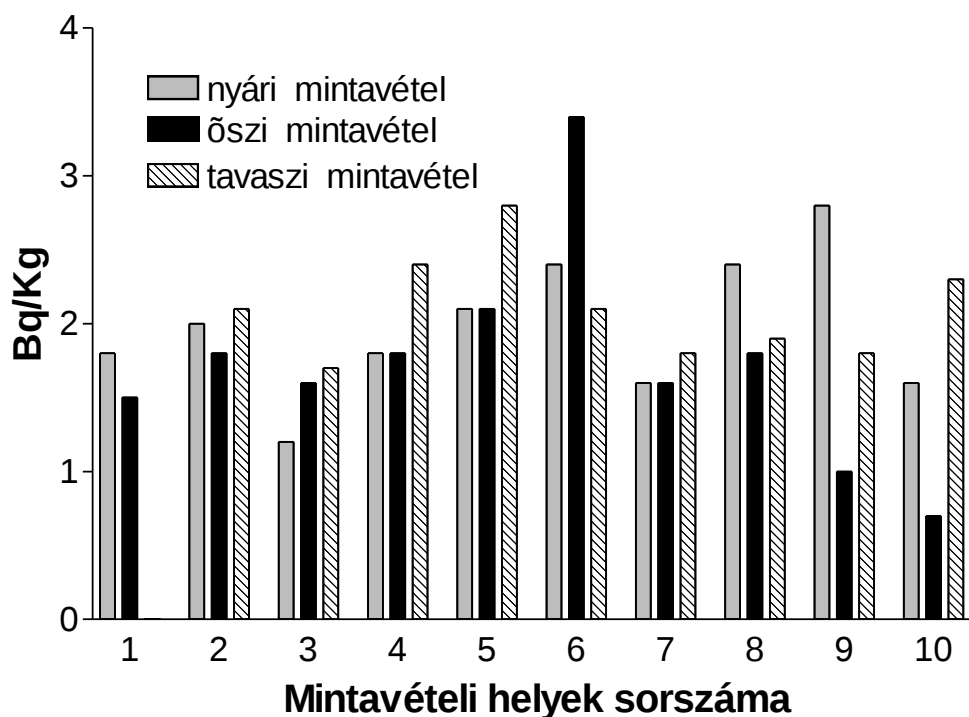
Mintavételi helyek sorszáma	Mintavétel helye	Mintavétel ideje	^{228}Ac		^{235}U	
			érték [Bq/kg]	hiba %	érték [Bq/kg]	hiba %
1	Velence strand	2002. 07. 08.	34,7	3	1,8	4
2	Velence hajókikötő	2002. 07. 08.	40,0	3	2,0	5
3	Gárdony kemping	2002. 07. 08.	19,5	3	1,2	4
4	Agárd hajókikötő	2002. 07. 08.	26,0	3	1,8	4
5	Agárd csónakkikötő	2002. 07. 08.	28,4	3	2,1	6
6	Kőhalasi kissarok	2002. 07. 08.	32,0	3	2,4	4
7	Nádgazdaság udvara	2002. 07. 08.	22,3	4	1,6	7
8	Kajakpálya	2002. 07. 08.	30,8	3	2,4	6
9	Német tisztás	2002. 08. 29.	11,0	5	2,8	4
10	Lángi tisztás	2002. 08. 29.	20,6	5	1,6	8
1	Velence strand	2002. 11. 07.	27,1	3	1,5	5
2	Velence hajókikötő	2002. 11. 07.	36,3	3	1,8	7
3	Gárdony kemping	2002. 11. 07.	23,8	3	1,6	5
4	Agárd hajókikötő	2002. 11. 07.	25,5	3	1,8	6
5	Agárd csónakkikötő	2002. 11. 11.	26,1	3	2,1	5
6	Kőhalasi kissarok	2002. 11. 11.	28,3	3	3,4	4
7	Nádgazdaság udvara	2002. 11. 11.	20,9	3	1,6	3
8	Kajakpálya	2002. 11. 07.	32,7	3	1,8	6
9	Német tisztás	2002. 11. 11.	12,4	3	1,0	4
10	Lángi tisztás	2002. 11. 11.	17,6	3	0,7	5
1	Velence strand	2003. 05. 09.	-----*		-----*	
2	Velence hajókikötő	2003. 05. 09.	45,8	3	2,1	4
3	Gárdony kemping	2003. 05. 09.	24,2	3	1,7	5
4	Agárd hajókikötő	2003. 05. 09.	30,0	4	2,4	6
5	Agárd csónakkikötő	2003. 05. 09.	32,9	3	2,8	4
6	Kőhalasi kissarok	2003. 05. 09.	22,0	3	2,1	4
7	Nádgazdaság udvara	2003. 05. 09.	19,5	4	1,8	6
8	Kajakpálya	2003. 05. 09.	31,7	3	1,9	4
9	Német tisztás	2003. 05. 16.	21,4	3	1,8	4
10	Lángi tisztás	2003. 05. 16.	27,7	3	2,3	3

* a minta az előkészítés alatt megsemmisült

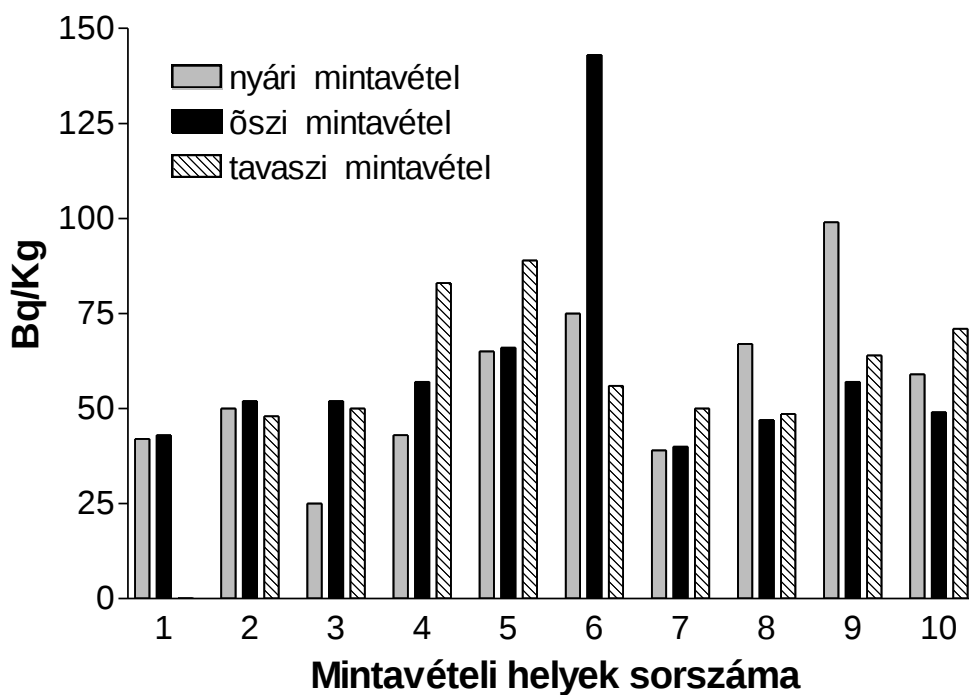
8. Táblázat. A nyári, az őszi és a tavaszi mintavételezéskor vett Velencei-tavi szedimentum mintákban mért ^{234}Th és ^{226}Ra radioaktivitás koncentrációi

Mintavételi helyek sorszáma	Mintavétel helye	Mintavétel ideje	^{234}Th		^{226}Ra	
			érték [Bq/kg]	hiba %	érték [Bq/kg]	hiba %
1	Velence strand	2002. 07. 08.	42,0	3	41,4	4
2	Velence hajókikötő	2002. 07. 08.	50,3	5	43,9	5
3	Gárdony kemping	2002. 07. 08.	25,0	3	26,6	3
4	Agárd hajókikötő	2002. 07. 08.	43,3	3	39,3	4
5	Agárd csónakkikötő	2002. 07. 08.	65,4	6	47,0	6
6	Kőhalasi kissarok	2002. 07. 08.	75,4	4	53,6	4
7	Nádgazdaság udvara	2002. 07. 08.	38,6	9	35,3	7
8	Kajakpálya	2002. 07. 08.	66,9	6	53,2	6
9	Német tisztás	2002. 08. 29.	99,0	3	63,4	4
10	Lángi tisztás	2002. 08. 29.	58,7	7	35,7	8
1	Velence strand	2002. 11. 07.	42,8	5	33,7	5
2	Velence hajókikötő	2002. 11. 07.	51,7	7	39,9	7
3	Gárdony kemping	2002. 11. 07.	51,9	5	36,1	5
4	Agárd hajókikötő	2002. 11. 07.	57,0	6	39,7	6
5	Agárd csónakkikötő	2002. 11. 11.	66,1	3	46,2	5
6	Kőhalasi kissarok	2002. 11. 11.	143,3	3	76,1	4
7	Nádgazdaság udvara	2002. 11. 11.	39,7	3	35,4	3
8	Kajakpálya	2002. 11. 07.	46,7	7	40,8	6
9	Német tisztás	2002. 11. 11.	56,8	3	46,2	4
10	Lángi tisztás	2002. 11. 11.	48,9	4	43,7	4
1	Velence strand	2003. 05. 09.	-----*		-----*	
2	Velence hajókikötő	2003. 05. 09.	48,3	3	46,0	4
3	Gárdony kemping	2003. 05. 09.	50,5	3	37,3	5
4	Agárd hajókikötő	2003. 05. 09.	83,5	3	53,7	6
5	Agárd csónakkikötő	2003. 05. 09.	89,0	3	63,2	4
6	Kőhalasi kissarok	2003. 05. 09.	55,9	3	47,1	4
7	Nádgazdaság udvara	2003. 05. 09.	49,5	7	40,8	6
8	Kajakpálya	2003. 05. 09.	48,6	3	44,0	4
9	Német tisztás	2003. 05. 16.	64,9	4	40,2	4
10	Lángi tisztás	2003. 05. 16.	71,2	3	51,7	3

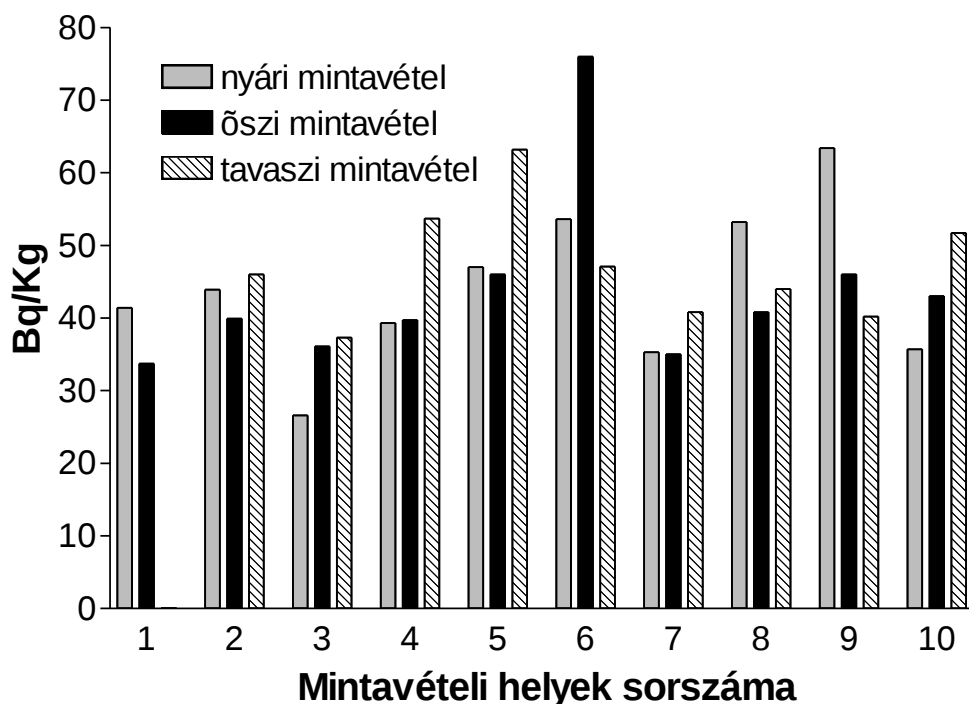
* a minta az előkészítés alatt megsemmisült



11. ábra. A különböző helyen és időben vett Velencei-tavi szedimentum mintákban mért ^{235}U aktivitás koncentráció értékei.



12. ábra. A különböző helyen és időben vett Velencei-tavi szedimentum mintákban mért ^{234}Th aktivitás koncentráció értékei.



13. ábra. A különböző helyen és időben vett Velencei-tavi szedimentum mintákban mért ^{226}Ra aktivitás koncentráció értékei.

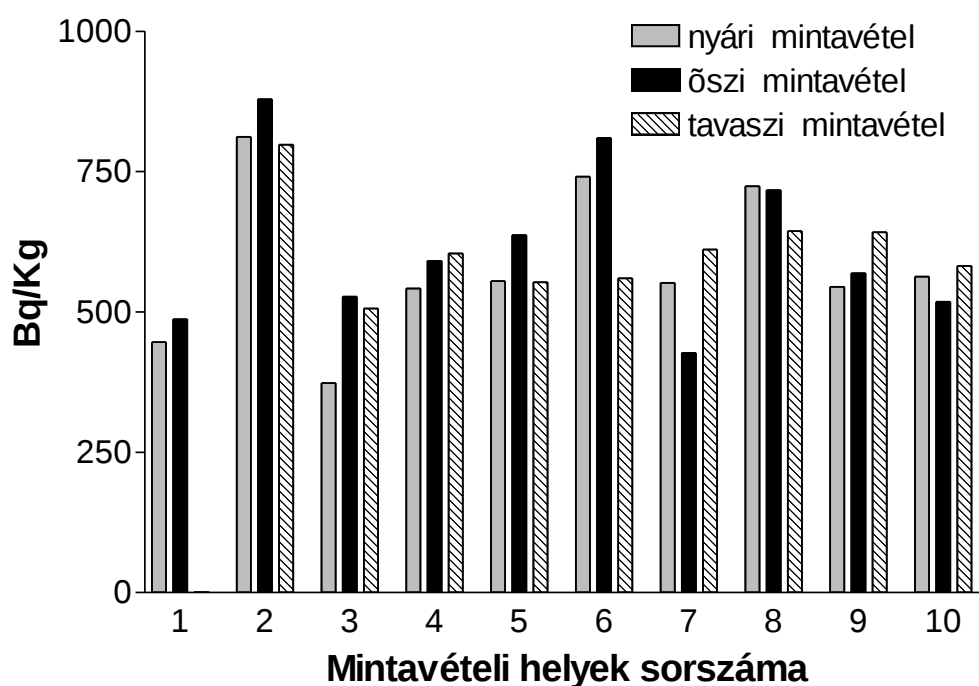
A sugáregészségügyi monitorozási célra széles körben használt összes-béta radioaktivitás koncentráció szintjét a 9. Táblázatban ill. 14. ábrán mutatjuk be. Mivel a szakirodalom alapján normál körülmények között az összes béta aktivitás 70-90 %-a természetes ^{40}K béta sugárzásából adódik, így logikus, hogy ezen két adatsort együtt tárgyaljuk. A ^{40}K eredményeket az 9. Táblázatban és a 15. ábrán közöljük. Az ábrák és a táblázat vizsgálata során a következő megállapítások tehetők:

- a Velencei-tó különböző helyein mintázott szedimentumban mért összes-béta és ^{40}K koncentrációk közel azonos értéket mutatnak, amiből arra a következtetésre juthatunk, hogy a ^{40}K egyenletesen oszlik el a Velencei-tó üledékében,
- általánosságban elmondható, hogy a nyári, az őszi és a tavaszi mintavételezés során vett mintákban, úgy az összes-béta mint a ^{40}K aktivitás koncentrációi hasonló értékeket mutatnak. Ezek alapján szezonális változás nem állapítható meg,
- a vizsgált szedimentum mintákban mért összes-béta aktivitás koncentráció 373-879 Bq/kg közötti tartományban mozgott és a három mintavételi időszakra számított átlagértéke 603 Bq/kg-nak adódott. Ez az átlagérték alacsonyabb az Intézetünk által 20 éve folyó Dunaprogram során a természetes felszíni vizek üledékére megállapított jelenlegi adatoknál (~800 Bq/kg), viszont jó egyezést mutat a balatonban mért átlagértékkel (580 Bq/kg),
- a vizsgált szedimentum mintákban mért ^{40}K aktivitás koncentráció 318-784 Bq/kg közötti tartományban mozgott és a három mintavételi időszakra számított átlagértéke 439 Bq/kg-nak adódott. Ez az átlagérték jó egyezést mutat a Balaton vizsgálata során nyert adatokkal (380 Bq/kg).

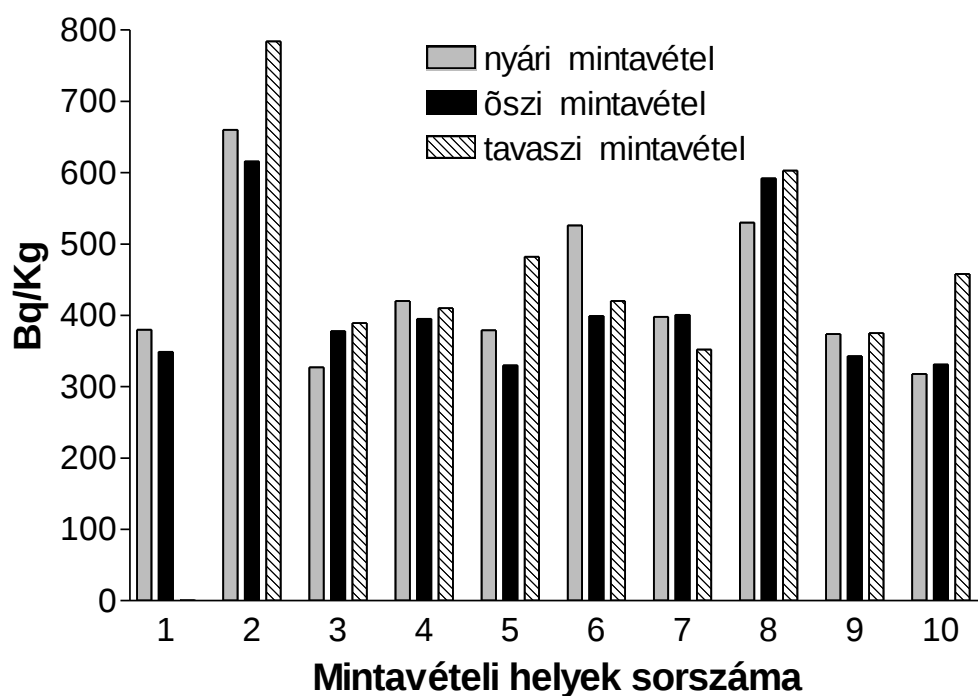
9. Táblázat. A nyári, az őszi és a tavaszi mintavételezéskor vett Velencei-tavi szedimentum mintákban mért ^{40}K és összes-béta radioaktivitás koncentrációi

Mintavételi helyek sorszáma	Mintavétel helye	Mintavétel ideje	^{40}K		Összes-béta	
			érték [Bq/kg]	hiba %	érték [Bq/kg]	hiba %
1	Velence strand	2002. 07. 08.	380	3	446	9
2	Velence hajókikötő	2002. 07. 08.	660	3	812	7
3	Gárdony kemping	2002. 07. 08.	327	3	372	10
4	Agárd hajókikötő	2002. 07. 08.	420	3	542	9
5	Agárd csónakkikötő	2002. 07. 08.	379	3	555	8
6	Kőhalasi kissarok	2002. 07. 08.	526	3	741	7
7	Nádgazdaság udvara	2002. 07. 08.	398	3	552	9
8	Kajakpálya	2002. 07. 08.	530	3	724	7
9	Német tisztás	2002. 08. 29.	374	4	545	3
10	Lángi tisztás	2002. 08. 29.	318	4	563	9
1	Velence strand	2002. 11. 07.	349	3	487	9
2	Velence hajókikötő	2002. 11. 07.	616	3	879	7
3	Gárdony kemping	2002. 11. 07.	378	3	527	9
4	Agárd hajókikötő	2002. 11. 07.	395	3	591	8
5	Agárd csónakkikötő	2002. 11. 11.	330	3	637	8
6	Kőhalasi kissarok	2002. 11. 11.	399	3	810	7
7	Nádgazdaság udvara	2002. 11. 11.	401	3	427	9
8	Kajakpálya	2002. 11. 07.	592	3	717	7
9	Német tisztás	2002. 11. 11.	343	3	569	12
10	Lángi tisztás	2002. 11. 11.	331	3	518	11
1	Velence strand	2003. 05. 09.	-----*		-----*	
2	Velence hajókikötő	2003. 05. 09.	784	3	798	7
3	Gárdony kemping	2003. 05. 09.	389	3	506	9
4	Agárd hajókikötő	2003. 05. 09.	410	3	604	8
5	Agárd csónakkikötő	2003. 05. 09.	482	3	553	9
6	Kőhalasi kissarok	2003. 05. 09.	420	3	560	9
7	Nádgazdaság udvara	2003. 05. 09.	352	3	611	8
8	Kajakpálya	2003. 05. 09.	603	3	644	8
9	Német tisztás	2003. 05. 16.	375	3	642	8
10	Lángi tisztás	2003. 05. 16.	458	3	585	8

* a minta az előkészítés alatt megsemmisült



14. ábra. A különböző helyen és időben vett Velencei-tavi szedimentum mintákban mért összes-béta aktivitás koncentráció értékei.



15. ábra. A különböző helyen és időben vett Velencei-tavi szedimentum mintákban mért ^{40}K aktivitás koncentráció értékei.

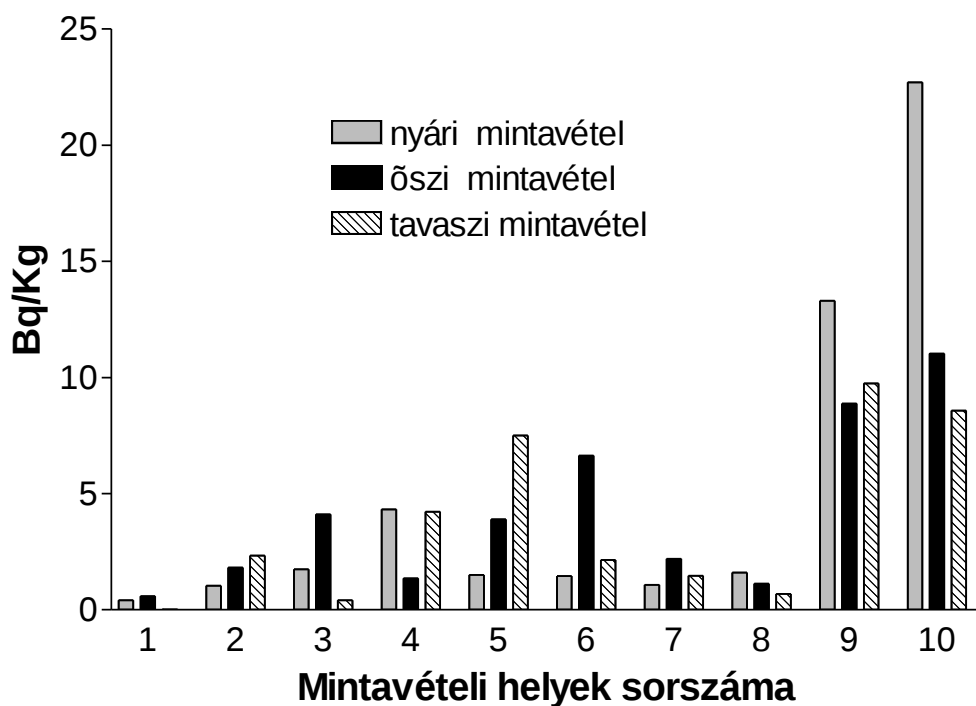
A mesterséges eredetű radionuklidok közül a ^{90}Sr radioaktivitás koncentráció szintjét a 10. Táblázatban ill. a 16. ábrán, míg a ^{137}Cs radioaktivitás koncentráció szintjét a 10. Táblázatban ill. a 17. ábrán mutatjuk be. Természetesen mértük a Csernobili reaktorbalesetből eredő ^{134}Cs aktivitás koncentrációját, amely minden esetben a mérőműszereink kimutatási határa alatti értéket mutatott, ezért az adatokat nem közöljük ezen összeállításban. Az ábrák és a táblázatok adatainak elemzése után a következő megállapítások tehetők:

- a Velencei-tó különböző helyein mért ^{90}Sr és ^{137}Cs koncentrációi nagymértékű szóródást mutatnak, amiből arra a következtetésre juthatunk, hogy ezen radionuklidok esetében a mintavételezés nagymértékben befolyásolhatja a kapott eredményeket. Ebből a megállapításból az is következik, hogy a szedimentum tulajdonságai (szemcseméret, szervesanyag tartalom, agyagásvány tartalom stb.) meghatározhatják a hozzá kötött radionuklidok mennyiségét. Gondosabb elemzés során megállapítható, hogy úgy a ^{90}Sr mint a ^{137}Cs aktivitás koncentráció értékei a Német ill. a Lángi tisztásnál magasabbak mint a Velencei-tó többi mintavételezési pontjain. Ebből arra következtethetünk, hogy az atomfegyver kísérletek ill. a csernobili reaktor balesetből származó "egyenletesnek" mondható légköri kihullásból származó szennyeződés ezen helyeken erősen kötődött a szedimentumhoz és a nagyterületű nádas megakadályozta a folyamatos lemosódását ezen radionuklidoknak a szedimentum felületéről,
- általánosságban elmondható, hogy a nyári, az őszi és a tavaszi mintavételezés során vett mintákban, úgy a ^{90}Sr mint a ^{137}Cs aktivitás koncentrációi nagy szóródást mutatnak. Ezért szezonális változás nem állapítható meg a mért eredmények alapján,
- a vizsgált szedimentum mintákban mért ^{90}Sr aktivitás koncentráció 0,41-22,70 Bq/kg közötti tartományban mozgott és a három mintavételi időszakra számított átlagértéke 4,39 Bq/kg-nak adódott. Ez az érték kissé magasabb az ezen időszak alatt a Duna szedimentumában mért radiostroncium koncentrációs adatainál (~2 Bq/kg). Összehasonlítva a Balaton vizsgálata során nyert átlagértékkel (0,92 Bq/kg) megállapítható, hogy a Velencei-tó szedimentuma kb. négyszer annyi radiostronciumot tartalmaz mint a balatoni szedimentum. Természetesen ezen állítás az átlag számítás torzítását mutatja és nem azt, hogy a Velencei-tó néhány (Lángi és Német tisztás) pontján kiugró értékeket mértünk,
- a vizsgált szedimentum mintákban mért ^{137}Cs aktivitás koncentráció 3-73 Bq/kg közötti tartományban mozgott és a három mintavételi időszakra számított átlagértéke 31 Bq/kg-nak adódott. Ez az érték kissé magasabb az ezen időszak alatt a Duna szedimentumában mért radiocézium koncentrációs adatainál (<10-20 Bq/kg), viszont jó egyezést mutat a Balaton vizsgálata során nyert adatokkal (45 Bq/kg).

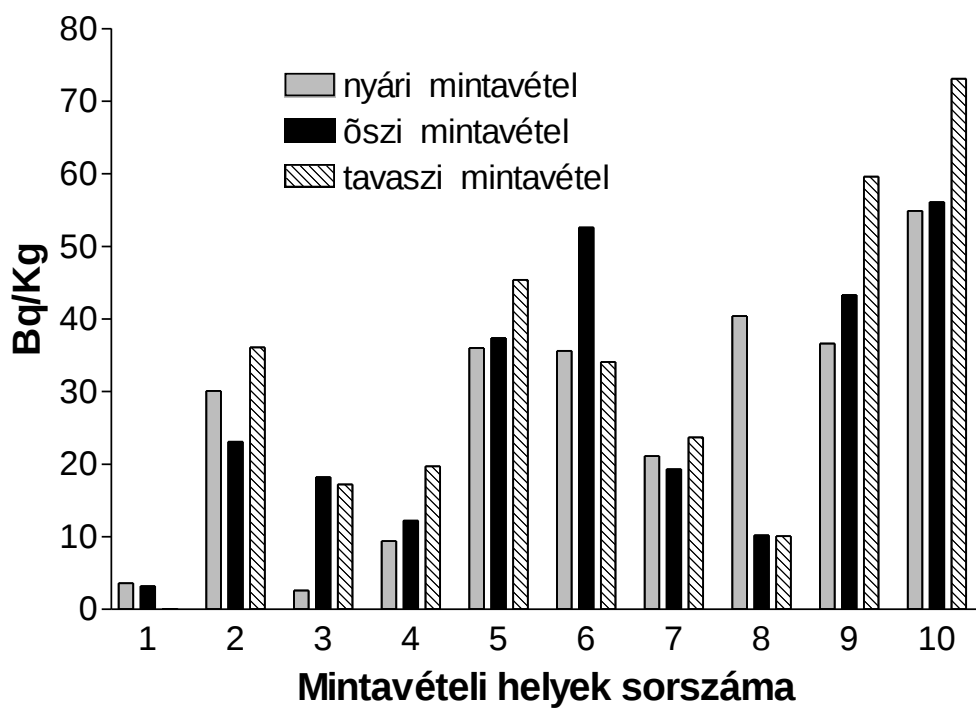
10. Táblázat. A nyári, az őszi és a tavaszi mintavételezéskor vett Velencei-tavi szedimentum mintákban mért ^{90}Sr és ^{137}Cs radioaktivitás koncentrációi

Mintavételi helyek sorszáma	Mintavétel helye	Mintavétel ideje	^{90}Sr		^{137}Cs	
			érték [Bq/kg]	hiba %	érték [Bq/kg]	hiba %
1	Velence strand	2002. 07. 08.	0,41	25	3,6	5
2	Velence hajókikötő	2002. 07. 08.	1,04	15	30,1	3
3	Gárdony kemping	2002. 07. 08.	1,74	10	2,6	4
4	Agárd hajókikötő	2002. 07. 08.	4,32	7	9,4	3
5	Agárd csónakkikötő	2002. 07. 08.	1,50	10	36,0	3
6	Kőhalasi kissarok	2002. 07. 08.	1,45	15	35,6	3
7	Nádgazdaság udvara	2002. 07. 08.	1,07	16	21,1	3
8	Kajakpálya	2002. 07. 08.	1,61	9	40,4	3
9	Német tisztás	2002. 08. 29.	13,30	4	36,6	3
10	Lángi tisztás	2002. 08. 29.	22,70	4	54,9	3
1	Velence strand	2002. 11. 07.	0,58	20	3,2	7
2	Velence hajókikötő	2002. 11. 07.	1,82	6	23,1	3
3	Gárdony kemping	2002. 11. 07.	4,11	16	18,2	3
4	Agárd hajókikötő	2002. 11. 07.	1,35	13	12,2	3
5	Agárd csónakkikötő	2002. 11. 11.	3,89	8	37,4	3
6	Kőhalasi kissarok	2002. 11. 11.	6,64	7	52,6	2
7	Nádgazdaság udvara	2002. 11. 11.	2,19	10	19,3	1
8	Kajakpálya	2002. 11. 07.	1,13	13	10,2	4
9	Német tisztás	2002. 11. 11.	8,88	23	43,3	3
10	Lángi tisztás	2002. 11. 11.	11,03	18	56,1	2
1	Velence strand	2003. 05. 09.	-----*		-----*	
2	Velence hajókikötő	2003. 05. 09.	2,34	13	36,2	3
3	Gárdony kemping	2003. 05. 09.	0,41	22	17,1	3
4	Agárd hajókikötő	2003. 05. 09.	4,22	2	45,4	3
5	Agárd csónakkikötő	2003. 05. 09.	7,50	36	19,7	3
6	Kőhalasi kissarok	2003. 05. 09.	2,15	14	34,1	3
7	Nádgazdaság udvara	2003. 05. 09.	1,47	11	23,7	3
8	Kajakpálya	2003. 05. 09.	0,68	16	10,7	3
9	Német tisztás	2003. 05. 16.	9,74	4	59,6	3
10	Lángi tisztás	2003. 05. 16.	8,57	6	73,1	3

* a minta az előkészítés alatt megsemmisült



16. ábra. A különböző helyen és időben vett Velencei-tavi szedimentum mintákban mért ^{90}Sr aktivitás koncentráció értékei.



17. ábra. A különböző helyen és időben vett Velencei-tavi szedimentum mintákban mért ^{137}Cs aktivitás koncentráció értékei.

Velencei-tavi nád vizsgálata

A Velencei-tavi növényzetből a nádat választottuk ki, mivel ez a növényfajta megtalálható volt minden egyes mintavételezési ponton.

Mértük a természetes eredetű radionuklidok (^{228}Ac , ^{234}Th , ^{226}Ra , ^{235}U) aktivitás koncentrációját a Velencei-tavi nádmintákban. A minták 70 %-ban a mért értékek a mérőműszereink kimutatási határa alatti értéket mutatott, ezért csak az ^{228}Ac és a ^{226}Ra adatokat közöljük a 11. Táblázatban. A táblázat adataiból megállapítható, hogy a természetes radionuklidok térben és időben egyenletesen oszlanak el a Velencei-tó nádmintáiban, tehát sem szezonális sem helyszerinti változás nem mutatható ki jelen vizsgálataink alapján.

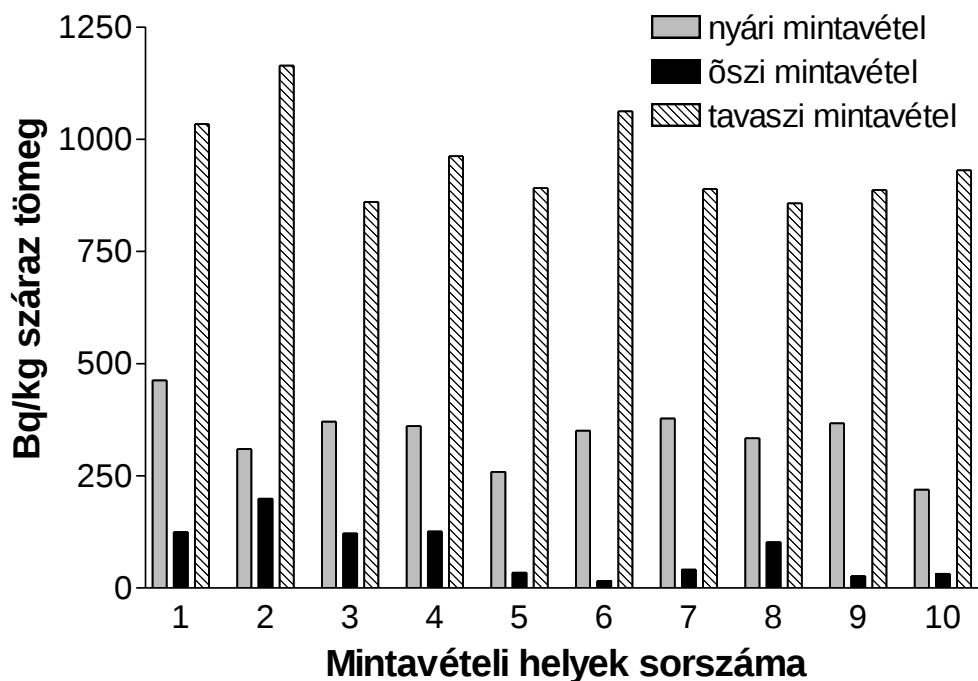
A sugáregészségügyi monitorozási célra széles körben használt összes-béta radioaktivitás koncentráció szintjét a 12. Táblázatban ill. a 18. ábrán mutatjuk be. Mivel a szakirodalom alapján normál körülmények között az összes béta aktivitás 80-90 %-a természetes ^{40}K béta sugárzásából adódik, így logikus, hogy ezen két adatsort együtt tárgyaljuk. A ^{40}K eredményeket a 12. Táblázatban és a 19. ábrán közöljük. Az ábrák és a táblázat vizsgálata során a következő megállapítások tehetők:

- a Velencei-tó különböző helyeiről azonos időszakból származó nád összes-béta és ^{40}K koncentrációi közel azonos értéket mutatnak, amiből arra a következtetésre juthatunk, hogy a ^{40}K egyenletesen oszlik el a növényzetben és a kálium felvételt a biológiai folyamatok determinálják függetlenül a jelenlévő kálium mennyiségétől,
- általánosságban elmondható, hogy a tavaszi és a nyári mintavételezés során begyűjtött nád aktivitás koncentrációi jóval magasabbak, mint az őszi mintavételezés során gyűjtött nádé. Ez a megfigyelés magyarázható a kálium felvételének a biológiai folyamataival vagyis a vegetáció előrehaladtával. Ennek alapján szezonális változás egyértelműsíthető,
- a vizsgált nádmintákban mért összes-béta aktivitás koncentráció 219-463 Bq/kg nyers tömeg közötti tartományban mozgott és a nyári mintavételi időszakra számított átlagértéke 341 Bq/kg nyers tömegnek adódott, az őszi mintavételezés során a mért összes-béta aktivitás koncentráció 16-199 Bq/kg között mozgott (átlag: 82 Bq/kg), addig a tavaszi mintavételezés során az összes-béta aktivitás koncentráció 857-1164 Bq/kg közötti értéket mutatott (átlag: 954 Bq/kg). Ezek az eredmények is jól demonstrálják a szezonális változást,
- a vizsgált nádmintákban mért ^{40}K aktivitás koncentráció 189-467 Bq/kg nyers tömeg közötti tartományban mozgott és a nyári mintavételi időszakra számított átlagértéke 306 Bq/kg nyers tömegnek adódott, az őszi mintavételezés során a mért ^{40}K aktivitás koncentráció 11-107 Bq/kg között mozgott (átlag: 58 Bq/kg), addig a tavaszi mintavételezés során a ^{40}K aktivitás koncentráció 593-849 Bq/kg közötti értéket mutatott (átlag: 733 Bq/kg). Ezek az eredmények is jól demonstrálják a szezonális változást,

- összehasonlítva a velencei-tavi nádban mért összes-béta és ^{40}K radioaktivitás koncentrációk értékeit, megállapítható, hogy ezen növényi minták esetében teljesül az a feltételezés miszerint az összes-béta aktivitás kb. 80-90 %-a a ^{40}K bétasugárzásából ered.

A mesterséges eredetű radionuklidok közül a ^{90}Sr radioaktivitás koncentráció szintjét a 13. Táblázatban ill. 20. ábrán, míg a ^{137}Cs radioaktivitás koncentráció szintjét az 13. Táblázatban mutatjuk be. Természetesen mértük a Csernobili reaktorbalesetből eredő ^{134}Cs aktivitás koncentrációját, amely minden esetben a mérőműszereink kimutatási határa alatti értéket mutatott, ezért az adatokat nem közöljük ezen összeállításban. Az ábra és a táblázat adatainak elemzése után a következő megállapítások tehetők:

- a Velencei-tó különböző helyein vett nádban mért ^{90}Sr és ^{137}Cs aktivitás koncentráció adatok alapján nem állapítható meg területi összefüggés,
- összehasonlítva a nyári, az őszi és a tavaszi mintavételezés során vett mintákban mért ^{90}Sr és ^{137}Cs aktivitás koncentráció adatait szezonális összefüggés nem állapítható meg,
- a vizsgált nádmintákban mért ^{90}Sr aktivitás koncentráció 0,13-2,56 Bq/kg száraz tömeg közötti tartományban mozgott és a három mintavételi időszakra számított átlagértéke 0,95 Bq/kg száraz tömegnek adódott,
- a vizsgált nádmintákban mért ^{137}Cs aktivitás koncentráció az esetek 80 %-ban a mérőműszereink kimutatási határa alatt volt, így ezen mérési adatsor összehasonlításra ill. átlagképzésre alkalmatlan.



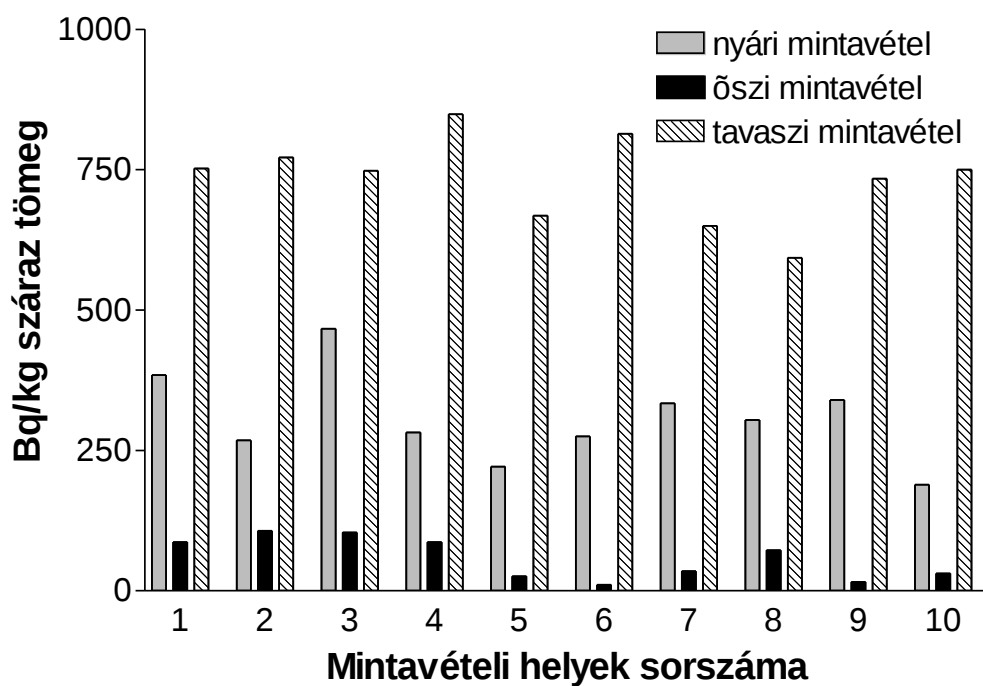
18. ábra. A különböző helyen és időben szedett Velencei-tavi nádmintákban mért összes-béta aktivitás koncentráció értékei.

11. Táblázat. A nyári, az őszi és a tavaszi mintavételezéskor vett Velencei-tavi nád ^{228}Ac és ^{226}Ra radioaktivitás koncentrációi (Bq/kg száraz tömeg)

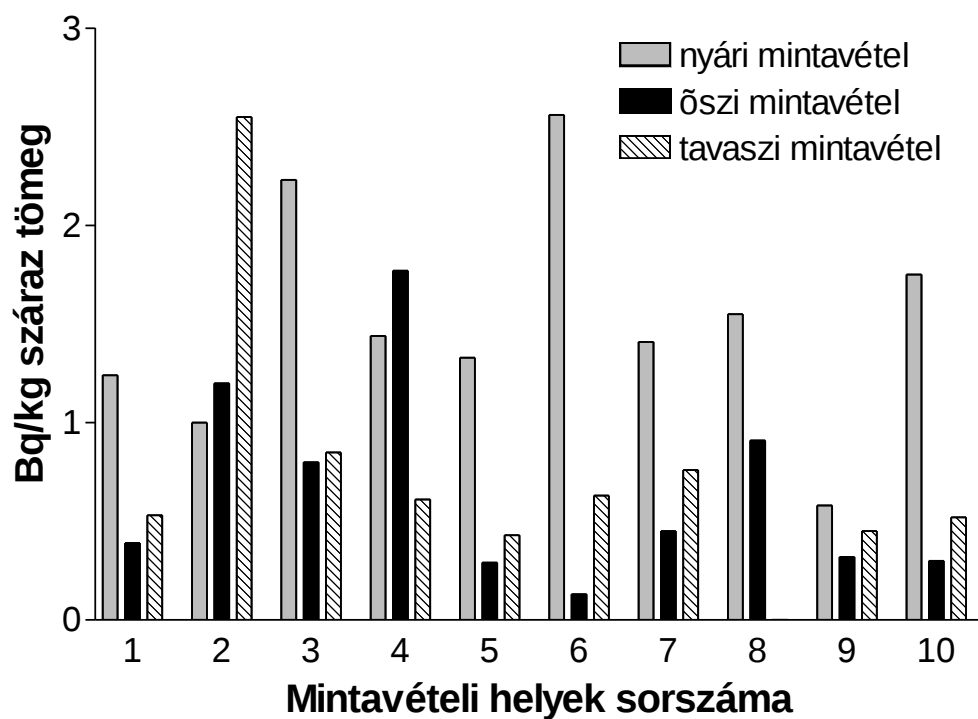
Mintavételi helyek sorszáma	Mintavétel helye	Mintavétel ideje	^{228}Ac		^{226}Ra	
			érték [Bq/kg]	hiba %	érték [Bq/kg]	hiba %
1	Velence strand	2002. 07. 08.	7,8	4	<4,9	
2	Velence hajókikötő	2002. 07. 08.	3,7	6	<5,0	
3	Gárdony kemping	2002. 07. 08.	19,8	3	6,9	15
4	Agárd hajókikötő	2002. 07. 08.	4,1	4	2,3	27
5	Agárd csónakkikötő	2002. 07. 08.	2,3	5	1,8	33
6	Kőhalasi kissarok	2002. 07. 08.	2,6	5	2,1	28
7	Nádgazdaság udvara	2002. 07. 08.	3,0	6	<4,5	
8	Kajakpálya	2002. 07. 08.	3,4	5	2,3	31
9	Német tisztás	2002. 08. 29.	1,3	7	<3,7	
10	Lángi tisztás	2002. 08. 29.	1,7	12	<2,9	
1	Velence strand	2002. 11. 07.	7,1	3	4,1	29
2	Velence hajókikötő	2002. 11. 07.	7,3	3	4,2	10
3	Gárdony kemping	2002. 11. 07.	3,0	3	<4,7	
4	Agárd hajókikötő	2002. 11. 07.	7,7	6	5,2	29
5	Agárd csónakkikötő	2002. 11. 11.	0,4	3	0,4	42
6	Kőhalasi kissarok	2002. 11. 11.	0,3	10	0,4	26
7	Nádgazdaság udvara	2002. 11. 11.	0,6	8	1,2	20
8	Kajakpálya	2002. 11. 07.	7,8	3	4,5	14
9	Német tisztás	2002. 11. 11.	0,5	9	1,2	19
10	Lángi tisztás	2002. 11. 11.	0,4	9	<1,3	
1	Velence strand	2003. 05. 09.	18,0	3	8,2	11
2	Velence hajókikötő	2003. 05. 09.	9,0	3	3,4	24
3	Gárdony kemping	2003. 05. 09.	5,0	6	2,9	40
4	Agárd hajókikötő	2003. 05. 09.	3,0	5	2,6	41
5	Agárd csónakkikötő	2003. 05. 09.	2,0	12	<4,6	
6	Kőhalasi kissarok	2003. 05. 09.	5,0	6	<6,4	
7	Nádgazdaság udvara	2003. 05. 09.	2,0	12	2,8	41
8	Kajakpálya	2003. 05. 09.	6,0	6	3,5	41
9	Német tisztás	2003. 05. 16.	2,0	12	<5,5	
10	Lángi tisztás	2003. 05. 16.	2,0	14	<6,3	

12. Táblázat. A nyári, az őszi és a tavaszi mintavételezéskor vett Velencei-tavi nádban mért ^{40}K és összes-béta radioaktivitás koncentrációi (Bq/kg száraz tömeg)

Mintavételi helyek sorszáma	Mintavétel helye	Mintavétel ideje	Össz-béta		^{40}K	
			érték [Bq/kg]	hiba %	érték [Bq/kg]	hiba %
1	Velence strand	2002. 07. 08.	463	3	384	2
2	Velence hajókikötő	2002. 07. 08.	310	3	268	2
3	Gárdony kemping	2002. 07. 08.	371	3	467	2
4	Agárd hajókikötő	2002. 07. 08.	361	3	282	2
5	Agárd csónakkikötő	2002. 07. 08.	259	3	221	2
6	Kőhalasi kissarok	2002. 07. 08.	351	3	275	2
7	Nádgazdaság udvara	2002. 07. 08.	378	3	334	2
8	Kajakpálya	2002. 07. 08.	334	3	304	2
9	Német tisztás	2002. 08. 29.	367	3	340	2
10	Lángi tisztás	2002. 08. 29.	219	3	189	2
1	Velence strand	2002. 11. 07.	125	6	87	2
2	Velence hajókikötő	2002. 11. 07.	199	5	107	2
3	Gárdony kemping	2002. 11. 07.	122	2	104	2
4	Agárd hajókikötő	2002. 11. 07.	126	5	89	2
5	Agárd csónakkikötő	2002. 11. 11.	34	4	26	2
6	Kőhalasi kissarok	2002. 11. 11.	16	5	11	2
7	Nádgazdaság udvara	2002. 11. 11.	41	5	35	2
8	Kajakpálya	2002. 11. 07.	102	6	72	2
9	Német tisztás	2002. 11. 11.	27	5	16	2
10	Lángi tisztás	2002. 11. 11.	32	6	31	2
1	Velence strand	2003. 05. 09.	1034	2	752	2
2	Velence hajókikötő	2003. 05. 09.	1164	2	772	2
3	Gárdony kemping	2003. 05. 09.	860	2	748	2
4	Agárd hajókikötő	2003. 05. 09.	962	2	849	2
5	Agárd csónakkikötő	2003. 05. 09.	891	2	668	2
6	Kőhalasi kissarok	2003. 05. 09.	1062	2	814	2
7	Nádgazdaság udvara	2003. 05. 09.	889	2	650	2
8	Kajakpálya	2003. 05. 09.	857	2	593	2
9	Német tisztás	2003. 05. 16.	887	2	734	2
10	Lángi tisztás	2003. 05. 16.	931	2	750	2



19. ábra. A különböző helyen és időben szedett Velencei-tavi nádmintákban mért ^{40}K aktivitás koncentráció értékei.



20. ábra. A különböző helyen és időben szedett Velencei-tavi nádmintákban mért ^{90}Sr aktivitás koncentráció értékei.

13. Táblázat. A nyári, az őszi és a tavaszi mintavételezéskor vett Velencei-tavi nádiban mért ^{90}Sr és ^{137}Cs radioaktivitás koncentrációi (Bq/kg száraz tömeg)

Mintavételi helyek sorszáma	Mintavétel helye	Mintavétel ideje	^{137}Cs		^{90}Sr	
			érték [Bq/kg]	hiba %	érték [Bq/kg]	hiba %
1	Velence strand	2002. 07. 08.	0,65	11	1,24	14
2	Velence hajókikötő	2002. 07. 08.	0,54	14	1,04	14
3	Gárdony kemping	2002. 07. 08.	0,50	15	2,23	12
4	Agárd hajókikötő	2002. 07. 08.	<0,34		1,44	10
5	Agárd csónakkikötő	2002. 07. 08.	<0,30		1,33	10
6	Kőhalasi kissarok	2002. 07. 08.	<0,30		2,56	8
7	Nádgazdaság udvara	2002. 07. 08.	0,64	10	1,41	10
8	Kajakpálya	2002. 07. 08.	<0,40		1,55	11
9	Német tisztás	2002. 08. 29.	0,42	13	0,58	11
10	Lángi tisztás	2002. 08. 29.	0,38	10	1,75	14
1	Velence strand	2002. 11. 07.	<0,40		0,39	13
2	Velence hajókikötő	2002. 11. 07.	<0,30		1,2	14
3	Gárdony kemping	2002. 11. 07.	0,30	18	0,82	20
4	Agárd hajókikötő	2002. 11. 07.	<0,40		1,77	10
5	Agárd csónakkikötő	2002. 11. 11.	<0,07		0,29	8
6	Kőhalasi kissarok	2002. 11. 11.	<0,05		0,13	10
7	Nádgazdaság udvara	2002. 11. 11.	<0,13		0,45	9
8	Kajakpálya	2002. 11. 07.	<0,30		0,91	13
9	Német tisztás	2002. 11. 11.	0,06	21	0,32	8
10	Lángi tisztás	2002. 11. 11.	<0,10		0,30	11
1	Velence strand	2003. 05. 09.	<0,60		0,5	39
2	Velence hajókikötő	2003. 05. 09.	<0,50		2,55	8
3	Gárdony kemping	2003. 05. 09.	<0,70		0,85	15
4	Agárd hajókikötő	2003. 05. 09.	<0,60		0,63	25
5	Agárd csónakkikötő	2003. 05. 09.	<0,60		0,43	23
6	Kőhalasi kissarok	2003. 05. 09.	0,96	10	0,63	18
7	Nádgazdaság udvara	2003. 05. 09.	<0,70		0,76	12
8	Kajakpálya	2003. 05. 09.	<0,80		<0,23	
9	Német tisztás	2003. 05. 16.	0,5	16	0,45	29
10	Lángi tisztás	2003. 05. 16.	<0,70		0,52	23

Velencei-tavi halak vizsgálata

A balatoni halmintákból csak a sugáregészségügyi monitorozási célra széles körben használt összes-béta radioaktivitás koncentrációt (14. Táblázat), a természetes ^{40}K radioaktivitás koncentrációt (14. Táblázat) ill. a mesterséges eredetű radionuklidok közül a ^{137}Cs radioaktivitás koncentrációt (14. Táblázat) határoztuk meg egy mintavételi időpontban. A beérkezett halmintákat minden esetben kifiléztük és csak a halhús (ehető rész) radioaktivitás koncentrációit határoztuk meg. Mivel köztudott, hogy a radiósztrócium a csontban dúsul, így a halak csontjában meghatároztuk ^{90}Sr radioaktivitás koncentrációt (15. Táblázat). A táblázatban szereplő adatok értékeléséből a következő megállapítások tehetők:

- általánosságban elmondható, hogy a különböző fajtájú halak hasonló értéket mutatnak,
- a vizsgált halmintákban mért összes-béta aktivitás koncentráció 118-124 Bq/kg nyers halhús közötti tartományban mozgott és számított átlagértéke 120 Bq/kg nyers halhúsra adódott,
- a vizsgált halmintákban mért ^{40}K aktivitás koncentráció 105-123 Bq/kg nyers halhús közötti tartományban mozgott és számított átlagértéke 117 Bq/kg nyers halhúsra adódott,
- összehasonlítva a halakban mért összes-béta és ^{40}K radioaktivitás koncentrációk értékeit, megállapítható, hogy ezen minták esetében teljesül az a feltételezés miszerint az összes-béta aktivitás kb. 90 %-a a ^{40}K béta-sugárzásából ered,
- a vizsgált halmintákban mért ^{90}Sr aktivitás koncentráció 3,94-6,89 Bq/kg halcsont közötti tartományban mozgott,
- a vizsgált halmintákban mért ^{137}Cs aktivitás koncentráció 0,19-0,57 Bq/kg nyers halhús közötti tartományban mozgott és a számított átlagértéke 0,38 Bq/kg nyers halhúsra adódott. Ez az érték kb. tízszer alacsonyabb mint a balatoni halakban mért átlagos radiocézium koncentráció (3,97 Bq/kg).

14. Táblázat. A Velencei-tóból vett halak húzában mért összes-béta, ^{40}K , és ^{137}Cs radioaktivitás koncentrációi (Bq/kg nyers halhús)

Mintavétel ideje	halfaj	összes-béta		^{40}K		^{137}Cs	
		Érték Bq/kg	hiba %	Érték Bq/kg	hiba %	Érték Bq/kg	hiba %
2002. 09. 26.	Ezüst kárász	119	3	123	3	0,19	19
2002. 09. 26.	Dévékeszeg	118	3	105	3	0,38	4
2002. 09. 26.	Vegyes keszeg	124	3	123	3	0,57	3

15. Táblázat. A Velencei-tóból vett halak csontjában mért összes-béta és ^{90}Sr radioaktivitás koncentrációi (Bq/kg halcsont)

Mintavétel ideje	halfaj	összes-béta		^{90}Sr	
		Érték Bq/kg	hiba %	Érték Bq/kg	hiba %
2002. 09. 26.	Ezüst kárász	105	7	3,94	9
2002. 09. 26.	Dévérkeszeg	126	8	6,89	5
2002. 09. 26.	Vegyes keszeg	132	7	6,76	5

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Köszönetet mondunk a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztériumnak azért, hogy pályázatunkat támogatásra érdemesnek találta. A pályázatban résztvevők megköszönik a MOHOSZ Velencei-tavi Kirendeltségének a halmintázásban nyújtott segítséget. Itt kívánjuk megköszönni a Közép-Dunántúli Környezetvédelmi Felügyelőség szakmai támogatását.