



# **KÖRNYEZETGEOKÉMIAI VIZSGÁLATOK AZ EGYKORI KISKUNHALASI OROSZ LAKTANYA ÉPÜLETÉBEN ÉS KÖRNYEZETÉBEN**

**TDK DOLGOZAT**

**BARICZA ÁGNES\*, PATAKI ATTILA\* ÉS SZABÓ KATALIN\*\***

**\*ELTE TTK, KÖRNYEZETTAN BSC. SZAK, III. ÉVFOLYAM**

**\*\*ELTE TTK, KÖRNYEZETTUDOMÁNY SZAK, V. ÉVFOLYAM**

**TÉMAVEZETŐ:**

**SZABÓ CSABA, Ph.D.**

ELTE TTK, Közettani és Geokémiai Tanszék  
Litoszféra Fluidum Kutató Laboratórium

**KONZULENS:**

**GUZMICS TIBOR, Doktorandusz**

ELTE TTK, Közettani és Geokémiai Tanszék  
Litoszféra Fluidum Kutató Laboratórium

Budapest, 2008.

# TARTALOMJEGYZÉK

TARTALOMJEGYZÉK .....	1
ÁBRÁK ÉS TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE .....	3
ABSTRACT .....	5
1. BEVEZETÉS .....	6
2. ELMÉLETI HÁTTÉR .....	7
2.1. A környezetünket érő radioaktív sugárzások és forrásaik .....	7
2.2 A radon és élettani hatása .....	8
2.3 Az időjárás hatása a radonszintre .....	11
3. A VIZSGÁLT HELYSZÍN ÉS A MINTAVÉTEL .....	12
3.1 Kiskunhalas földtani háttere.....	12
3.11 Földrajzi elhelyezkedése, domborzata .....	12
3.12 Geológiai háttér.....	12
3.13 Talajtani jellemzők .....	14
3.2 A vizsgált terület pozíciója .....	14
3.3 A mintavételezés.....	15
4.AZ ALKALMAZOTT TECHNIKÁK ÉS HIBÁIK .....	18
4.1 Gamma doziméter.....	18
4.2 Radonmonitorok (RAD7, AlphaGUARD).....	19
4.21 A radonkamra .....	20
4.3 Talajgázmérő szonda .....	20
4.4 Fúrás .....	23
4.5 Talajvizsgálat .....	23
4.6 Szítálás .....	24
4.7 Pásztázó elektronmikroszkóp .....	25

<b>5. IN SITU VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK .....</b>	<b>26</b>
<b>5.1 Meteorológiai adatok.....</b>	<b>26</b>
<b>5.2 Doziméter.....</b>	<b>26</b>
5.22 Építőanyag .....	26
<b>5.3 Aktív detektorok .....</b>	<b>27</b>
5.31 RAD7 .....	27
5.32 AlphaGUARD .....	28
<b>5.4 Fúrások .....</b>	<b>29</b>
5.41 Kiskunhalas 1 (KH1) minták leírása.....	29
5.42 Kiskunhalas 2 (KH2) minták leírása.....	30
<b>5.5 Talajgáz mérés .....</b>	<b>32</b>
5.51 Meteorológiai adatok .....	32
5.52 RAD7 .....	32
<b>6. EX SITU VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK.....</b>	<b>33</b>
<b>6.1 RAD7.....</b>	<b>33</b>
6.11 Építőanyag .....	33
6.12 A Fúrásminták RAD7 mérései.....	33
6.121 Kiskunhalas 1 (KH1) fúrás mintáinak eredményei.....	33
6.122 Kiskunhalas 2 (KH2) fúrás mintáinak eredményei.....	34
<b>6.2 Talajvizsgálatok .....</b>	<b>35</b>
6.21 Kiskunhalas 1 (KH1) fúrás összesítő eredménye .....	35
6.22 Kiskunhalas 2 (KH2) fúrás összesítő eredménye .....	35
<b>6.3 Nedves szitálás szemcsefrakcióit a 7. táblázat mutatja. ....</b>	<b>36</b>
6.31 Kiskunhalas 1 (KH1) fúrás összesítését a 18. ábra tartalmazza.....	36
6.32 Kiskunhalas 2 (KH2) fúrás összesítését a 19. ábra tartalmazza.....	36
4 .....	36
<b>6.4 Pásztázó elektronmikroszkóp (Scanning Electron Microscope - SEM) .....</b>	<b>37</b>
<b>7. DISZKUSSZIÓ .....</b>	<b>39</b>
<b>8 KONKLÚZIÓ .....</b>	<b>41</b>
<b>KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS .....</b>	<b>42</b>
<b>IRODALOMJEGYZÉK.....</b>	<b>43</b>

# ÁBRÁK ÉS TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. ÁBRA A LAKOSSÁG SUGÁRTERHELÉSÉNEK FORRÁSAI.....	8
2. ÁBRA <sup>238</sup> U BOMLÁSI SORA .....	9
3. ÁBRA A RADON LEHETSÉGES BEJUTÁSA A LAKÓTEREKBE .....	10
4. ÁBRA A RADON BEJUTÁSA A TÜDŐBE .....	11
5. ÁBRA KISKUNHALAS SEMATIKUS FÖLDTANI TÉRKÉPE .....	13
6. ÁBRA A VIZSGÁLT ÉPÜLET ÉS UDVARÁNAK SEMATIKUS RAJZA.....	15
7. ÁBRA A HÁZ ÉNY-I OLDALÁRÓL NÉZVE .....	16
8. ÁBRA A KH1-ES FÚRÓMAG.....	16
9. ÁBRA A VIZSGÁLT SZINTEK ALAPRAJZA ÉS MÉRÉSI PONTJAI.....	17
10. ÁBRA A GM CSŐ VÁZLATA .....	178
11. ÁBRA A DOZIMÉTER A CSEMPE 1 (CS1) MÉRÉSE KÖZBEN .....	178
12. ÁBRA RAD 7 DETEKTOR, A GÁZSZILIKÁT MINTA MÉRÉSE KÖZBEN.....	19
13. ÁBRA FUJIYOSHI ET AL. (2005) TÖBB NAPOS TALAJGÁZ VIZSGÁLATA .....	217
14. ÁBRA FUJIYOSHI ET AL. (2005) ÁLTAL TANULMÁNYOZOTT TERÜLETEN MÉRT RADONAKTIVITÁS KONCENTRÁCIÓ .....	22
15. ÁBRA A TALAJKÉZIFÚRÓ .....	23
16. ÁBRA. A HATTAGÚ SZITASOR A RÁZÓGÉPEN.....	24
17. ÁBRA AMRAY 1830 I/T6 TÍPUSÚ PÁSZTÁZÓ ELEKTRONMIKROSKÓP .....	25
1. TÁBLÁZAT AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI INTÉZET 2008. MÁRCIUS 27-29. KÖZÖTTI MÉRÉS ADATAI.....	26
2. TÁBLÁZAT AZ ÉPÜLETBEN TALÁLHATÓ 9 CSEMPETÍPUS ÉRTÉKEI.....	27

<b>18. ÁBRA KH1 FÚRÁSSZELVÉNY ÉS AZ ELVÉGZETT VIZSGÁLATOK .....</b>	<b>30</b>
<b>19. ÁBRA KH2 FÚRÁSSZELVÉNY ÉS AZ ELVÉGZETT VIZSGÁLATOK .....</b>	<b>31</b>
<b>3. TÁBLÁZAT AZ TALAJGÁZ MÉRÉS ALATTI METEOROLÓGIAI ADATOK .....</b>	<b>32</b>
<b>20. ÁBRA A TALAJGÁZMÉRŐ SZONDA EREDMÉNYE .....</b>	<b>32</b>
<b>21. ÁBRA A KH2-7 MINTA RADONKAMRÁS MÉRÉSÉNEK GRAFIKONJA.....</b>	<b>34</b>
<b>5. TÁBLÁZAT A KH1 MINTÁKÁK TALAJTANI VIZSGÁLATA.....</b>	<b>35</b>
<b>6. TÁBLÁZAT A KH2 MINTÁKÁK TALAJTANI VIZSGÁLATA.....</b>	<b>35</b>
<b>7. TÁBLÁZAT SZEMCSEFRAKCIÓK AZ UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE RENDSZER ALAPJÁN.....</b>	<b>36</b>
<b>22. ÁBRA A KH1 FÚRÁS MINTÁK SZEMCSEELOSZLÁSA .....</b>	<b>36</b>
<b>23. ÁBRA A KH2 FÚRÁS MINTÁK SZEMCSEELOSZLÁSA .....</b>	<b>36</b>
<b>24. ÁBRA EGY TERMÉSZETES EREDETŰ SZILIKÁTÁSVÁNY (GRÁNÁT) SZEMCSE A 0,063- 0,125 MM-ES FRAKCIÓBÓL .....</b>	<b>37</b>
<b>25. ÁBRA KOHÓSAK A 0,5-1 MM-ES FRAKCIÓBÓL .....</b>	<b>37</b>
<b>26. ÁBRA KOHÓSAK A 0,125-0,25 MM-ES FRAKCIÓBÓL .....</b>	<b>38</b>
<b>27. ÁBRA FASZÉN A 0,25-0,5 MM-ES FRAKCIÓBÓL .....</b>	<b>38</b>

## **A B S T R A C T**

We studied the former barrack of Kiskunhalas, because the Lithosphere Fluid Research Lab commissioned to construct measurement about the indoor and outdoor radon concentration, for that reason, because the principal want to reconstruct the building into college.

In numerous countries of the European Union (for example, United Kingdom, Sweden, Finland), and in other developed lands in the world (for example, United States, Switzerland), the limit value of the radon concentration for inside place, determined by the E.U. are already appeared in the low. For new houses are usually offered  $200\text{Bq/m}^3$ , for elder ones, the limit value is double.

We have made geochemical and atomic physical studies on the collected soil samples from two bore-holes and ash-fly breeze. We have determined the mineral-content by electron-microprobe examination, however we focused on soil exhalation, too.

The final consequence is, that the quantity of radon in the house and the garden is relatively low, that's why in this respect, the building suitable for living.

# 1. BEVEZETÉS

Kiskunhalas a Duna-Tisza közén, Budapesttől délre 130 km-re, a Homokhátság legmagasabb részén fekszik. A térségben egykor működő - 1975-ben létesített - orosz laktanya a város központjában helyezkedik el a Fazekas Gábor utcában. A mostanra használaton kívüli épületet kollégiummá kívánják átalakítani. Célunk egy átfogó környezetgeokémiai tanulmány készítése annak eldöntése érdekében, hogy a létesítmény alkalmas-e kollégiumi lakhatásra.

Kutatásunkat 2008 márciusában kezdtük meg az említett területen. Munkánk a kétszintes épület egyes helyiségeinek építő- és burkolóanyagából származó, valamint az udvarból vett talajminták radon terhelésének felderítéséből áll. Célunk, hogy minél teljesebb képet adjunk a radon forrásáról és aktivitásáról. Mindemellett törekvéseinket azért tartottuk fontosnak, mert bizonyított, hogy az otthonokban található radon a felelős az évente körülbelül 20 000 tüdőrák okozta halálesetért az Európai Unióban (Darby et al., 2004). Ez az összes ilyen jellegű halálesetek 9%-a, illetve az összes halálos kimenetelű rákbetegség 2%-a. Továbbá a kutatás megállapította, hogy minden  $100 \text{ Bq/m}^3$  aktivitás koncentráció növekedéssel a rák kialakulásának kockázata további 16%-kal nő.

Hazánkban még nem létezik hatályos jogszabály a lakóépületek maximálisan megengedhető radontartalmára, ugyanis a témával kapcsolatos kutatások csak néhány éve kerültek a figyelem középpontjába. Ennek hiányában az Európai Unió által megszabott határértéket kellett figyelembe vennünk, amely szerint az újonnan épülő házakra vonatkoztatott határérték  $200 \text{ Bq/m}^3$ , a már megépült házak esetében pedig  $400 \text{ Bq/m}^3$  (90/143/Euratom).

---

$\text{Bq/m}^3$  = egy köbméter levegőben egységnyi idő alatt mennyi bomlás történik.

## 2. ELMÉLETI HÁTTER

### 2.1. A környezetünket érő radioaktív sugárzások és forrásaik

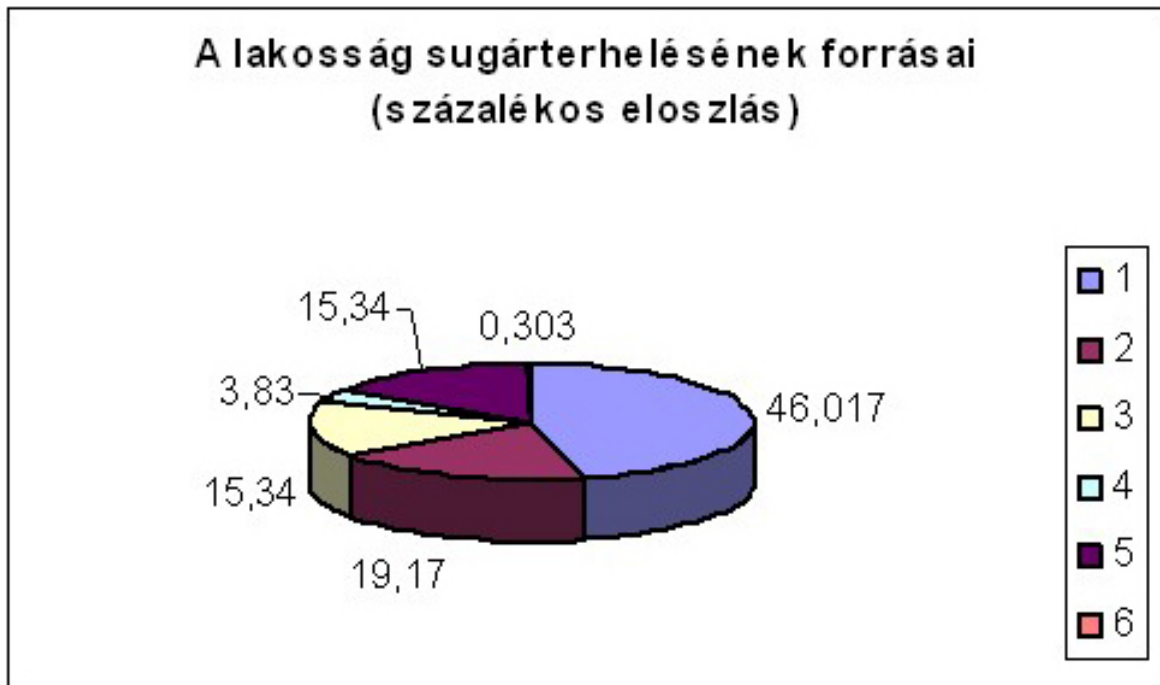
Természetes környezetünkben állandó radioaktív sugárzásnak vagyunk kitéve. Alapvetően megkülönböztetünk mesterséges és természetes sugárzást. Mesterséges sugárzás 98%-ban az orvosi diagnosztika során ér minket, a maradék 2%-ban a légköri atomfegyver kísérletek, a csernobili katasztrófa, és a nukleáris energiatermelés osztoznak (**1. ábra**) (Köteles, 1994). A természetes sugárzás egyik fő komponense a kozmikus sugárzás, de a földkéregben is megtalálhatók természetes eredetű sugárzó anyagok (pl. urán-, tórium- és kálium-tartalmú ásványok). A kozmikus sugárzást elsőrendű, vagy primer komponensek, illetve másodrendű, vagy szekunder komponensek alkotják. A primer komponensek közé soroljuk azokat a részecskéket, amelyek a világűrből érkeznek a Földre. Ezek nagyrészt (90%) protonok, de vannak hélium atommagok is (9%). A maradék, nagy energiájú elektronokból és más atommagokból áll. Ezzel szemben a szekunder komponensek az atmoszférát vagy a csillagközi ködöt alkotó atomok kölcsönhatása során keletkeznek. Ide főleg a kisebb atommagok, pionok, kaonok és a gamma sugárzás tartozik (Patkós, 2007). A földi eredetű sugárzás forrását radioaktív atommagok és bomlástermékeik képezik. Ilyen radioaktív elemek például az  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  és bomlási soruk elemei a  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{220}\text{Rn}$ , továbbá a  $^{40}\text{K}$ . A lakosságot érintő természetes eredetű háttérsugárzásból eredő effektív dózis egész Földre vonatkoztatott átlagos értéke 2,4 mSv/év. Ennek majdnem 50%-a (46,017%) a beltérek (lakások, munkahelyek, raktárak, stb.) levegőjében lévő radonnak és bomlástermékeinek a belégzéséből származik (Köteles, 1994).

Radioaktivitás szempontjából 3 fajta sugárzást különböztetünk meg amelyek más-más tulajdonságokkal rendelkeznek. Ezek az  $\alpha$ ,  $\beta$ , és  $\gamma$  sugárzás, amelyek hatótávolsága, energiája, valamint emberi testen való áthaladási képessége különbözik annak köszönhetően hogy más-más részecskét sugároznak ki. Az  $\alpha$ -bomlás során viszonylag nagy energiájú hélium atommag távozik, de hatótávolsága csupán pár cm és már egy papírlappal is leárnyékolható. Ezzel szemben a  $\beta$ -bomlás során kisebb energiájú elektron távozik nagyobb hatótávolsággal. A  $\gamma$ -bomlás során pedig nagy hatótávolságú foton távozik, ami már csak ólommal árnyékolható le.

---

Sv= egyenérték dózis [J/kg].



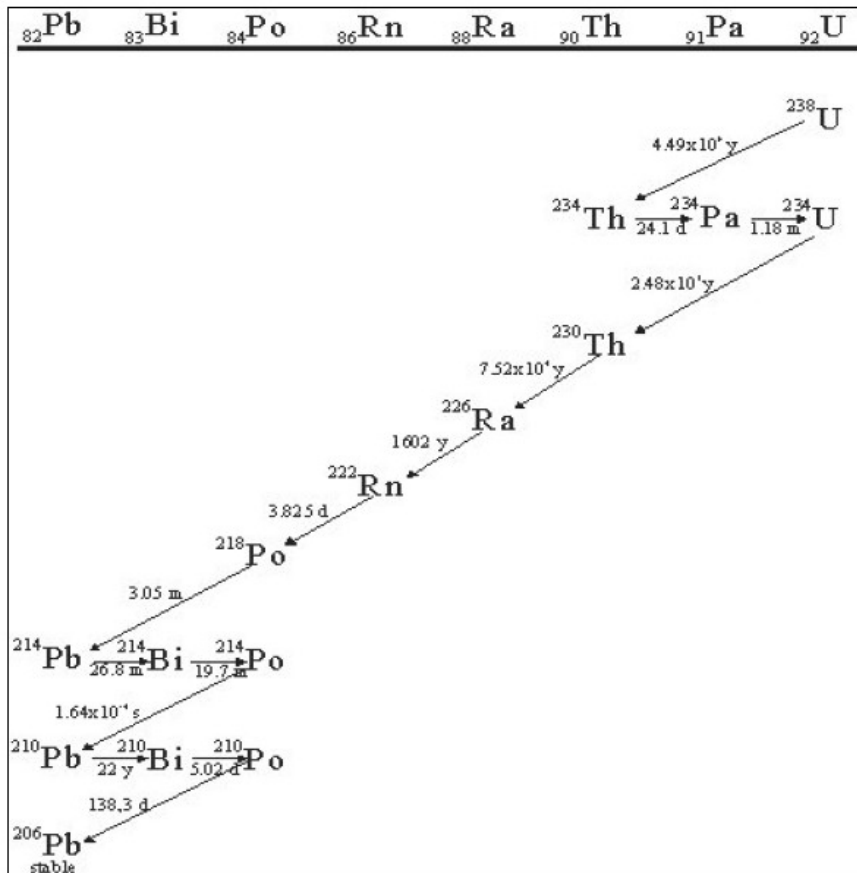


**1. ábra** A lakosság sugárterhelésének forrásai (Köteles, 1994 után módosítva)

1. A radon és leányelemei; 2. A Föld anyagának sugárzása; 3. Kozmikus sugárzás; 4. Élelmiszerek; 5. Orvosi diagnosztika; 6. Légköri atomfegyver kísérletek, csernobili katasztrófa, nukleáris energiatermelés

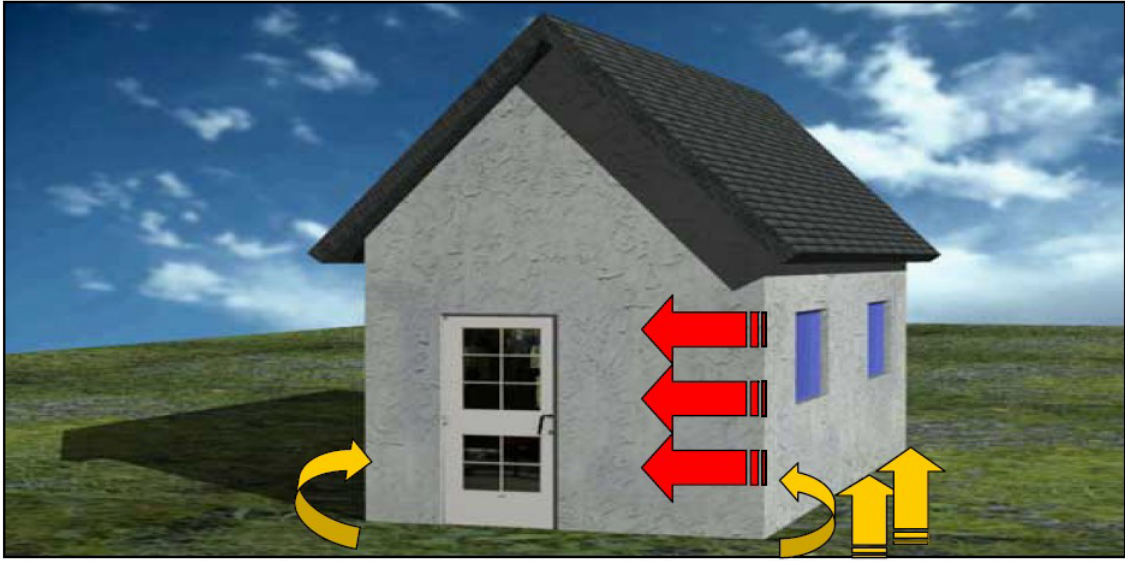
## 2.2 A radon és élettani hatása

A radon a 86-os rendszámú elem, a nemesgázok csoportjába tartozik. Ebből adódóan kémiaailag inaktív, csupán néhány fluorid vegyülete ismert (Chang, 1991). Szintelen, szagtalan, de a levegőnél közel hétszer nehezebb, könnyen adszorbálható aktív szénen. Szobahőmérsékleten vízben oldódik. Három természetes radioaktív izotópja ismert a három természetes eredetű bomlási sor egy-egy tagjaként (**2. ábra**). A  $^{220}\text{Rn}$  (toron) a  $^{232}\text{Th}$  bomlási sorába tartozik, felezési ideje mindössze 55,6 s (amely aztán alfa bomlással  $^{216}\text{Po}$ -má esik szét), ebből adódóan csekély mennyiségben van jelen a környezetünkben. A  $^{219}\text{Rn}$  aktinon az  $^{235}\text{U}$  bomlási sorának eleme, felezési ideje 3,9 s. Emiatt a természetes rendszerekben elhanyagolható mennyiségben van jelen. A harmadik izotópja az 1622 év felezési idővel képződő  $^{222}\text{Rn}$ , amely az  $^{226}\text{Ra}$  alfa-bomlásával keletkezik. A  $^{222}\text{Rn}$  3,824 napos felezési idővel bomlik tovább  $^{218}\text{Po}$ -má. Fentiekből látszik tehát az összes Rn izotóp közül a radonnak van legnagyobb szerepe környezetünk sugárterhelésének kialakításában.



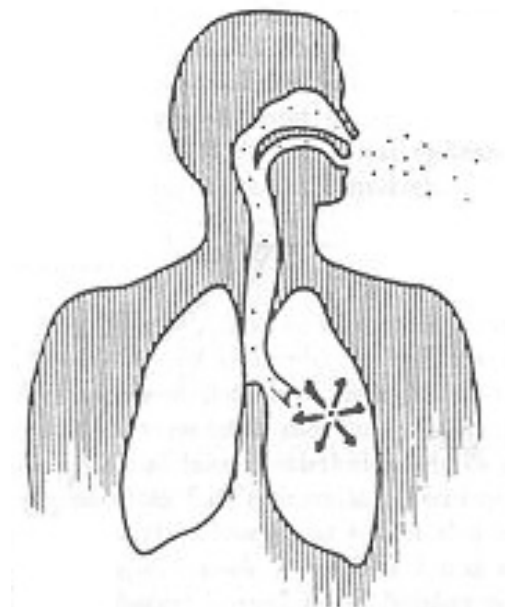
2. ábra  $^{238}\text{U}$  bomlási sora

A természetben előforduló radioaktív elemek, általában kötve vannak az ásványokban ill. kőzetekben. A radon izotópjai azonban nemesgázként kevésbé vannak megkötve és diffúzióra, migrálásra képesek. Ha a radon a Föld kérgének legfeljebb néhány méteres mélységében jön létre, a talaj szerkezetétől - különösen nagy átteresztőképességű kőzetek esetén - függően nagy esélye van a felszínre vándorolni és kijutni a levegőbe (Tóth et al., 1998). Házainkat alkotó építő- és burkolóanyagok a talajból (pl. vályog) és különböző kőzetekből (agyag, mészkő, homok, stb.) származnak. Könnyen belátható, hogy környezetünket terhelő radon koncentráció nemcsak a talajból, hanem épületeink anyagából is eredeztethető (3. ábra).



**3. ábra** A radon lehetséges bejutása a lakóterekbe

A nagyobb mennyiségben talajból, kisebb részben nyílásokon, repedéseken, csatornákon át a lakóterekbe diffundáló és felgyülemelő radont a levegővel együtt belélegezzük (**4. ábra**). A radon bomlástermékei közül azonban a fémionok (bizmut, polónium) a levegőben lebegő porszemcséken (aeroszolokon) megkötődhetnek és a hörgők falára tapadva (Marx, 1996) kifejthetik káros hatásukat, hiszen leányelemeik közül több  $\alpha$ -bomló ( $^{218}\text{Po}$ ,  $^{218}\text{At}$ ,  $^{214}\text{Po}$ ). Bomlásukkal tehát bombázzhatják a hörgőhám leginkább sugárzásérzékeny sejtrétegét és ez károsodáshoz, bizonyos esetekben tüdőrákhoz vezethet. A dohányzás során rengeteg aeroszol keletkezik. Tehát dohányosok a természetes radon miatt járulékos veszélynek teszik ki magukat és környezetüket. Az Oxfordi Egyetem kutatásai szerint a dohányosoknál a tüdőrák kialakulásának esélye 25-szöröse a nemdohányzókéhoz képest. A tüdőrákot okozó tényezők sorában a radon a cigaretta után a második helyen áll (Darby et al. 1997). A radon hatásának sokszínűségét mutatja, hogy ellentétben az előzőekkel, több példát is találhatunk olyan radonközpontokra, ahol az emberek radonfürdőkben, radonbarlangokban élvezhetik a radioaktív nemesgáz mozgásszervi megbetegedésekre, reumára, ízületi fájdalmakra gyakorolt jótékony hatását (Becker, 2003).



**4. ábra** A radon bejutása a tüdőbe  
(Lennart, 1990)

### **2.3 Az időjárás hatása a radonszintre**

Az út a talajban és kőzetekben, amit a radon migrálásakor meg tud tenni elsősorban a közeg permeabilitásától függ. De a diffundáló radon mennyiségének alakításában szerepe van például a talajvíznek, a levegő nedvességtartalmának, a hőmérsékletnek, a széljárásnak és a nyomáskülönbségnek. Télen, mivel kevesebbet szellőztetünk, és többet fűtünk a szobalevegő melegebb és könnyebb lesz. Ebből adódóan a zárt terekben a légnyomás lecsökken, ami szívóhatást fejt ki a környezetre. Ily módon a pincéből, alagsorból, intenzívebben áramlik be a radon. Másik fontos tényező, amely befolyással van a radon koncentrációra a levegő nedvességtartalma. A talajnedvesség bizonyos határokon belül elősegíti a radon migrációját, mert a pórusvíz a talajszemcséket körülvevő vékony bevonatként van jelen. Ilyenkor a víz elnyeli a radon bomlási energiájának egy részét, meggátolva ezzel, hogy az atomok a szomszédos szemcsékbe jussanak, és ezzel megnöveli annak esélyét, hogy a bomlási folyamat a pórustérben menjen végbe (Tanner, 1980). Túl sok nedvesség azonban eltömíti a talajpórusokat, meggátolva a gázáramlást. Ezért várható, hogy nedves időszakokban a lakásokban mérhető radon aktivitás koncentráció lecsökken. Előzőekkel ellentétben, szárazság idején a kiszáradás okozta térfogatcsökkenés talajrepedések kialakulásához vezethet, amely kedvező feltételeket biztosít a radon levegőbe jutásához (Schumann, et al., 1989). Fagy beálltával azonban a talaj fagyott felső rétegein a radon nehezen jut a szabadba, amely az épületekbe a radon beszivárgás valószínűségét növeli meg.

## 3. A VIZSGÁLT HELYSZÍN ÉS A MINTAVÉTEL

### 3.1 Kiskunhalas földtani háttere

#### 3.11 Földrajzi elhelyezkedése, domborzata

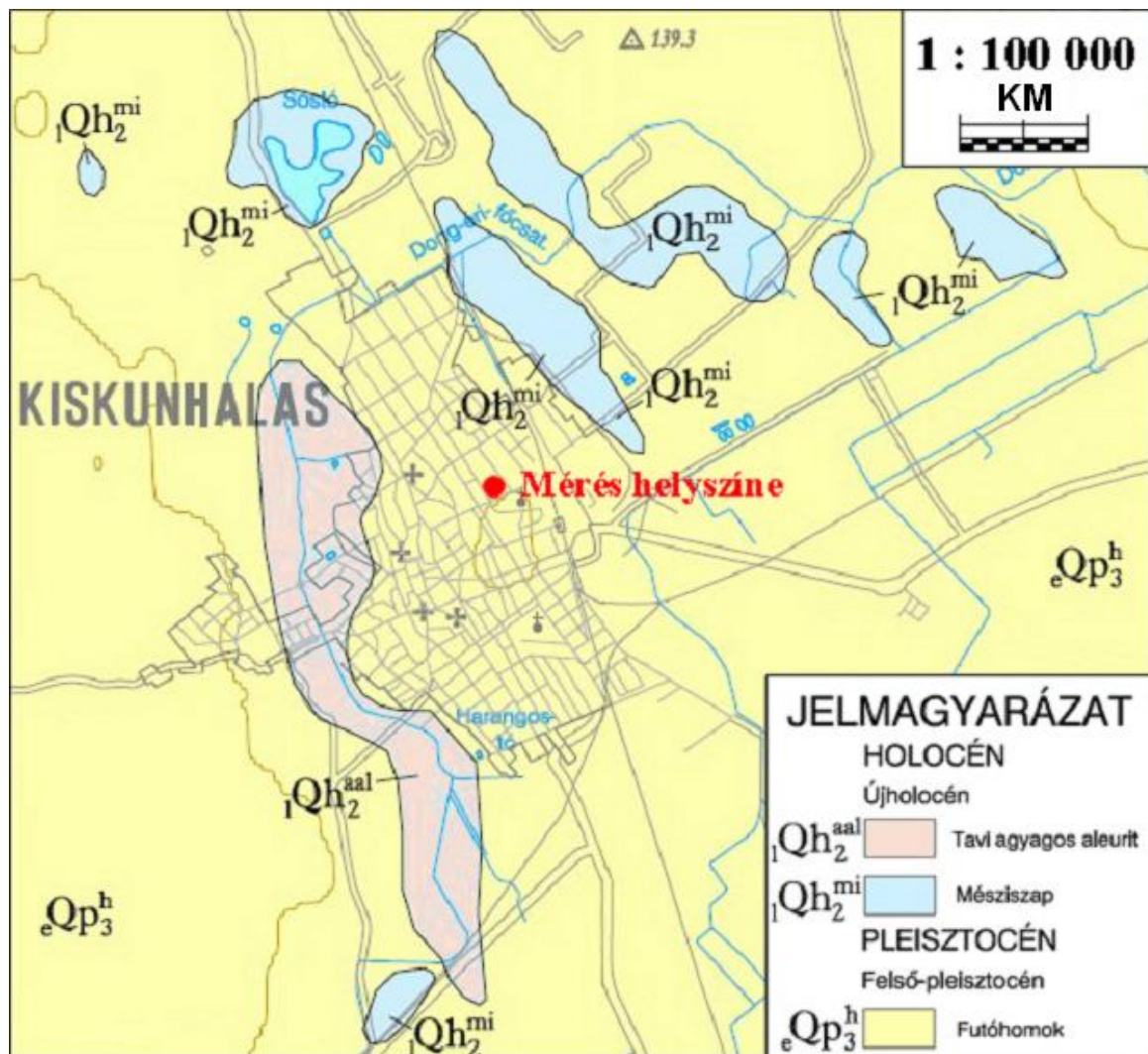
Kiskunhalas (**5. ábra**) a Duna-Tisza közén, Budapesttől délre 130 km-re, a Homokhátság legmagasabb részén fekszik. Magyarország tájainak felosztása szerint a város Duna-Tisza közti síkvidék, Dorozsma-majsai homokhátságon fekszik. Hazánk legnagyobb kiterjedésű homokvidéke, a Duna-Tisza közti hátság, amely a Duna és Tisza széles völgyét választja el. A kistájat a Duna jégkorszaki hordalékkúpjának anyaga fedi. Az északnyugat-délkelet irányú homokvonulatok (dűnék, buckasorok) az egykori folyóágak futását, ill. a tájra jellemző szélirányt is jelzik. A laza homokot a szél éghajlati (szárazság) és emberi (erdőirtás) hatásra többször áthálmozta. A buckák közötti talajvizes mélyedésekben szikes tavakat találunk (Péter, 2004).

#### 3.12 Geológiai háttér

Az Alföld vizsgálati területre eső részén elsősorban pannon korú deltarendszerhez köthető és fiatalabb folyóvízi, valamint eolikus üledékes képződmények találhatóak (Juhász, 1992). A Pannon-tó kialakulásában és fejlődésében nagy szerepet játszott az Alpok-Kárpátok tektonikai változása a neoalpi ciklus során (Juhász és Magyar, 1992). A tenger visszahúzódása után a medence feltöltésében szerepet játszottak a bő vízhozamú és az alpi-kárpáti régió kiemelkedésének hatására nagy mennyiségű törmelékanyagot szállító folyók, amelyek ÉNy és ÉK irányból nagy kiterjedésű delta üledékeket raktak le (Juhász és Magyar, 1992, Juhász, 1992). A deltarendszer kialakulásában a környezeti tényezők közül a folyóvízi folyamatok játszották a legnagyobb szerepet, az árapály és a hullámvászás szerepe elhanyagolható volt (Juhász és Magyar, 1992). A korábbi pannon idősebb rétegei hiányoznak, mert észak felé egyre később érte el a pannon transzgresszió a szarmata végén szárazulattá vált részeket. A folyók beömlési helyeitől távolabb, a partokon tavi üledékképződés folyt (Jámbor, 1989). Főként homokrétegek, homokkő padok, löszös rétegek, közepes és durva szemcsés üledék váltakoznak. A süllyedések miatt az üledék rétegek egyes

helyeken több száz méter vastagságot érnek el. A pannon üledékre folyamatosan mintegy 300 m-es agyagos-iszapos levantei összlet rakódott le.

A pleisztocénban az Alföld tovább süllyedt (Molnár, 1967). A jégkorszakban az Ős-Duna és mellékfolyói medencefeltöltő üledékösszlete a medencealjazat időben szakaszos tektonikus süllyedésének eredményeképpen ciklusokra tagolható. A ciklusok kezdetét homokrétegek jelzik, majd a feltöltés előrehaladtával finom szemcsés üledékek rakódtak le (iszap és agyag). A Duna mai - észak-déli futásirányú - medrét a jégkorszak végén foglalta el. Utána a folyóvíz szerepét a szél munkája vette át és alakította ki a 100 m-t is meghaladó eolikus eredetű üledékfelhalmozódást. Az üledékek felszínét holocén futóhomok fedi, amelynek ÉNy-DK-i irányú szélfújta mélyedéseit mésziszap és réti mészkő tölti ki (Péter, 2004).



**5. ábra** Kiskunhalas sematikus földtani térképe,  
piros kör jelzi a mérés helyszínét

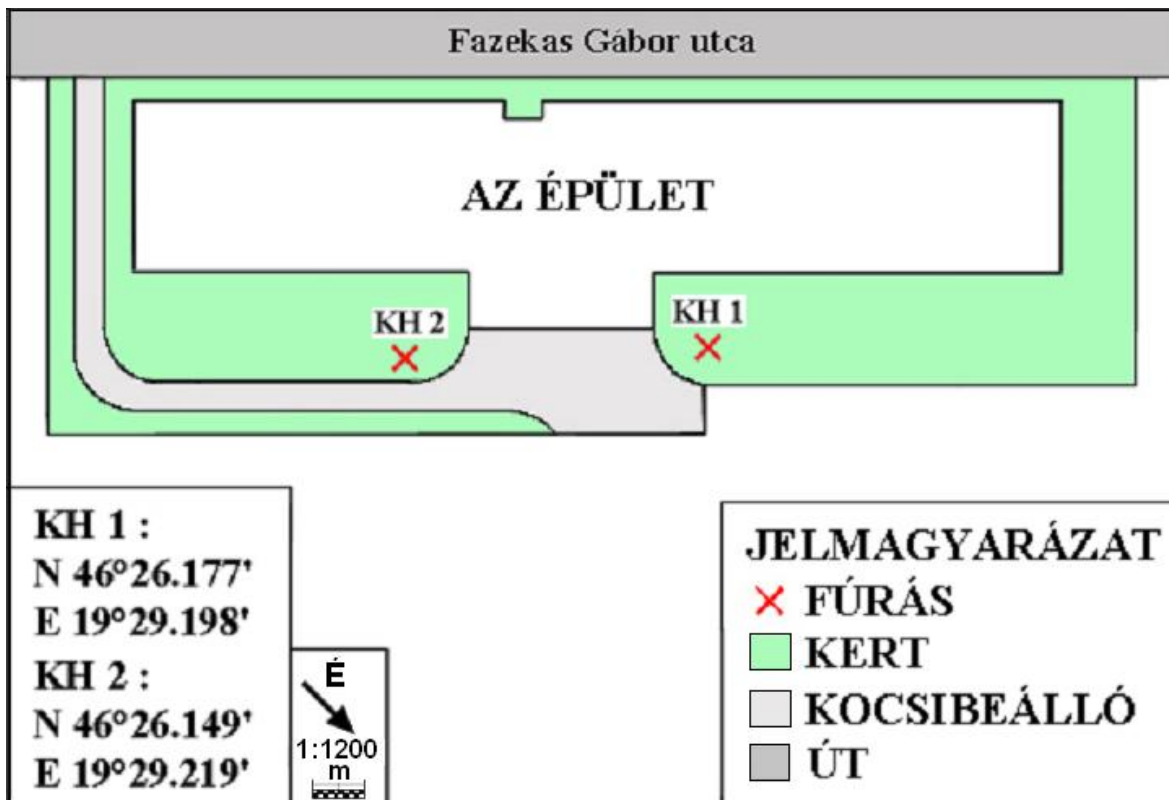
### 3.13 Talajtani jellemzők

A Duna–Tisza közti sík vidéket alkotó talaj leginkább a Duna hordalékából származó és többségében szél által szállított és osztályozott agyagból épül fel. A talajképző kőzet szemcsézettsége a 0,1-0,2 mm átmérőjű finom homoktól a közepes és finom kőzetlisztből keletkezett homokos lösz és lösz skáláját öleli fel. Mégis a tájat sokszor homokhátként említjük, mert rajta a homokot helyenként buckákba rendezte a szél (Stefanovits, 1999).

Kiskunhalas domináns talajtípusa a gyengén humuszos homok, futóhomok (**5. ábra**), valamint a mélyebb buckaközi vonulatokban a szikes és réti talajok altípusai. Felszínét heterogén buckavonulatok tagolják. A löszös homoktalajok jelenléte meghatározó, de az alföldi mészlepedékes csernozjomok, réti csernozjomok, csernozjom jellegű homoktalajok is szerepet játszanak. A térség keleti felén a Tisza alluviális beékelődéseiben a szolonyec szikes és a réti szolonyec talajok is megtalálhatók. Talajminőség tekintetében a gyengébb kategóriába tartozik a terület legnagyobb része. A gyenge termőképességű és szél által könnyen mozgatható talajok védelme, megkötése, hasznosítása érdekében viszonylag sok erdőt telepítettek a város területén. Az erdőknek, erdősávoknak ma is nagy szerepe van a szél által okozott károk elhárításában (Péter, 2004).

### 3.2 A vizsgált terület pozíciója

Az általunk tanulmányozott terület – Kiskunhalas – központjában lévő, egykori orosz laktanya illetve a hozzá tartozó udvar (**6. ábra**). A létesítmény építésének ideje a 70-es évek közepére nyúlik vissza. A három emeletes ház alapterülete körülbelül 4000 m<sup>2</sup>. A földszinten a bejáratától jobbra ill. balra elnyúló folyosók 38 szobába, egy étkező és egy konyharészleghez engednek bejutást. Az első emeleten 30 szoba található. Az épülethez tartozó udvar (kert) alapterülete kb. 1500 m<sup>2</sup>.



**6. ábra** A vizsgált épület és udvarának sematikus rajza

### 3.3 A mintavételezés

Bejárva a helyszínt, úgy véltük helyesnek hogy az építmény minden lehetséges helyiségében, valamint az udvarban két, a házhoz közeli pontban végzünk vizsgálatokat (**6. ábra**). Mindezek tudatában, az épület földszintjén 35, az első emeletén 85 ponton mértük meg a gamma háttérsugárzást. A beltéri radonkoncentráció mértékét az emeleten illetve a földszinten 6-6 mérőpontot, két műszerrel vizsgáltuk (RAD7, AlphaGUARD radonmonitorok), 3-4 órás, illetve 11 órás mérési időt is felölelve (**9. ábra**). Célunk az volt, hogy a leendő lakóhelyiségek környékén mindenképp legyen több mint 10 órás mérés, hogy jobban tudjuk monitorozni a radon koncentrációjának átlagos eloszlását. Az épület anyagának gázbeton részéből egy kb. 20\*15\*5 cm-es darabot laborvizsgálatok céljából szintén begyűjtöttünk a földszinti falból az udvar felől bejárat mellől (**7. ábra**).





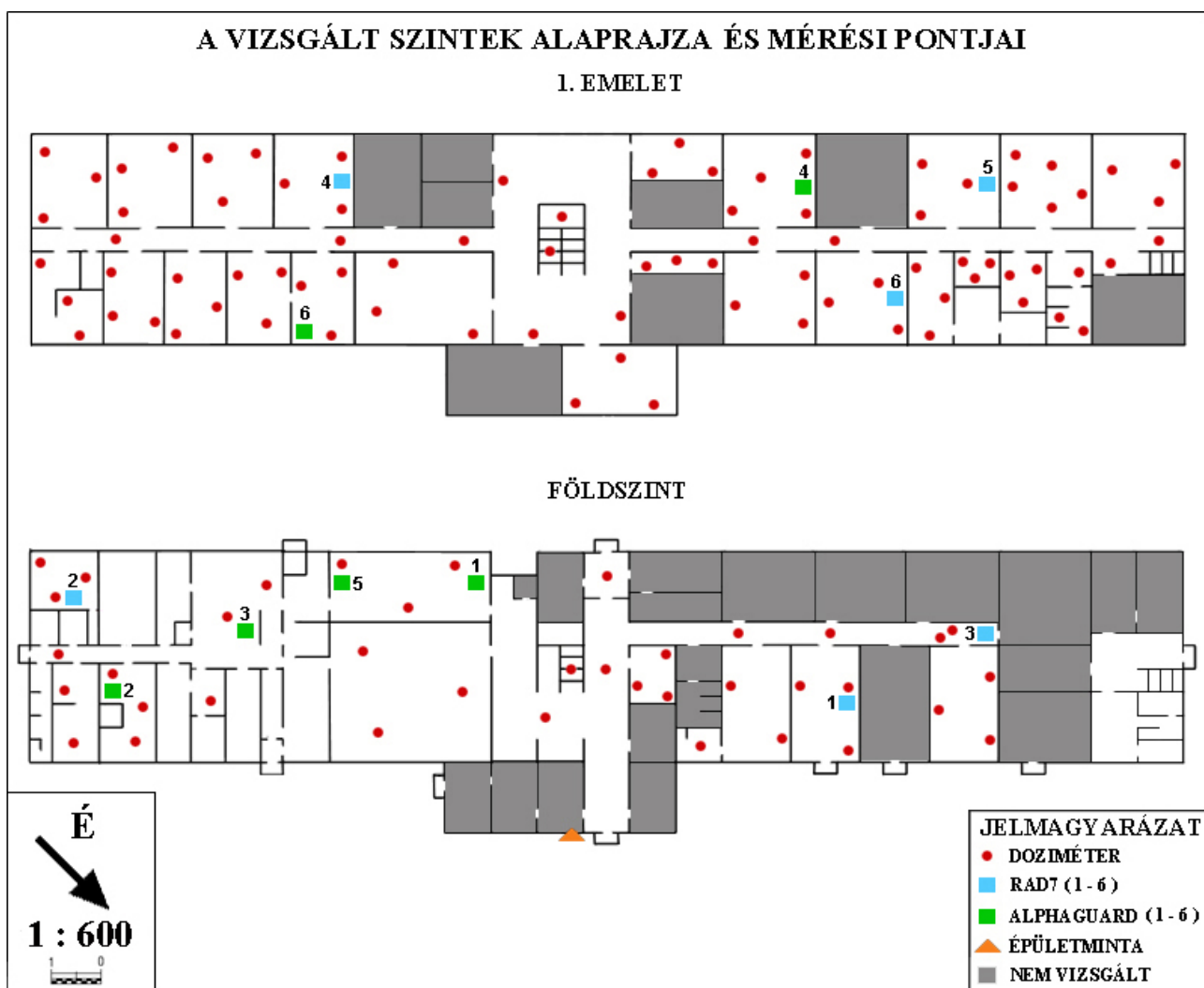
**7. ábra** A ház ÉNY-i oldaláról nézve  
Az épület anyagának mintavételezése és a második fűrólyuk helye (KH2),

A telek házhoz közel eső területén kézfűró segítségével mélyítettünk két fűrást (**6. ábra**),  
amellyel 3 cm átmérőjű maganyagot – talajt - tudtunk a felszínre hozni.



**8. ábra** A KH1-es fűrómag

Az egyik fúrás (KH1) (8. ábra) maximális mélysége 188 cm, míg a másiké (KH2) 315 cm, mindkét esetben elértük a talajvíz szintjét, ami nem tette lehetővé a továbbhaladást. A második fúróluk (KH2) kb. 3 méteres körzetében Durrige gyártmányú, talajgáz mérő szonda illetve RAD7 radonmonitor segítségével a talaj radonexhalációját is megmértük. Ez utóbbi mérés, a mintavételezés többi részével ellentétben novemberben történt.

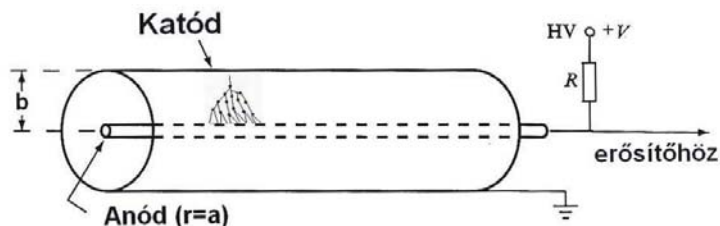


9. ábra A vizsgált szintek alaprajza és mérési pontjai

## 4. AZ ALKALMAZOTT TECHNIKÁK ÉS HIBÁIK

### 4.1 Gamma doziméter

A gamma dózisteljesítményt az ELTE TTK Atomfizikai Tanszékén megtalálható ANRI-01-02 típusú kézi doziméterrel vizsgáltuk (9. ábra). A műszer belsejében két SzBM típusú Geiger-Müller számláló-cső található (10. ábra), amivel néhány másodperc integrációs idő után meghatározható a környezet gamma-intenzitása mR/h-ben. Hátránya azonban az ún. „holtidő”, ami azt jelenti, hogy az előző jel feldolgozása miatt a detektor pár századmásodpercig nem képes újabb jelet fogadni, újabb eseményt detektálni. Így például a GM-csőnél amíg az anód és a katód közti feszültségkülönbség el nem éri a működéshez szükséges értéket, addig a detektor érzéketlen (Kiss et al., 1998).



10. ábra A GM-cső vázlata



11. ábra A doziméter a csempe 1 (CS1) mérése közben

---

mR/h = milliröntgen/h expozíciós dózis

## 4.2 Radonmonitorok (RAD7, AlphaGUARD)

Beltéri levegő radonkoncentrációjának, talajminták radonexhalációjának, valamint talajgáz radonkoncentrációjának meghatározásához általánosan elterjedt módszer a RAD 7 vagy az AlphaGuard radonmonitorok alkalmazása. A RAD7 egy Si szilárdtest félvezető detektort használ, ami az  $\alpha$ -sugárzás energiáját elektromos jellé alakítja át és csatornába rendezi. Az A, B, C és D csatornában történik az új radon ( $^{218}\text{Po}$ ), új toron ( $^{216}\text{Po}$ ), régi radon ( $^{214}\text{Po}$ ) és régi toron ( $^{212}\text{Po}$ ) észlelése, míg az E, F, G, H jelzésű csatornába a nem megfelelő energiájú (túl kicsi, túl nagy) beütések érkeznek. Alkalmazás közben a műszer beszippantja a levegőt és kiszámolja a mérés statisztikus hibáját is  $\text{Bq/m}^3$ -ben, valamint rögzíti a mérés körülményeit. Az AlphaGUARD valamivel újabb technológiájú készülék, így pontosabban képes kiszámolni a statisztikus hibát, de hasonló elven működik mint a RAD7, csak ebben nem félvezető detektor hanem egy ionizációs kamra található. Mindkét berendezés alkalmas radon és toron aktivitás-koncentrációinak meghatározására.



12. ábra RAD 7 detektor, a gázszilikát minta mérése közben

#### 4.21 A radonkamra

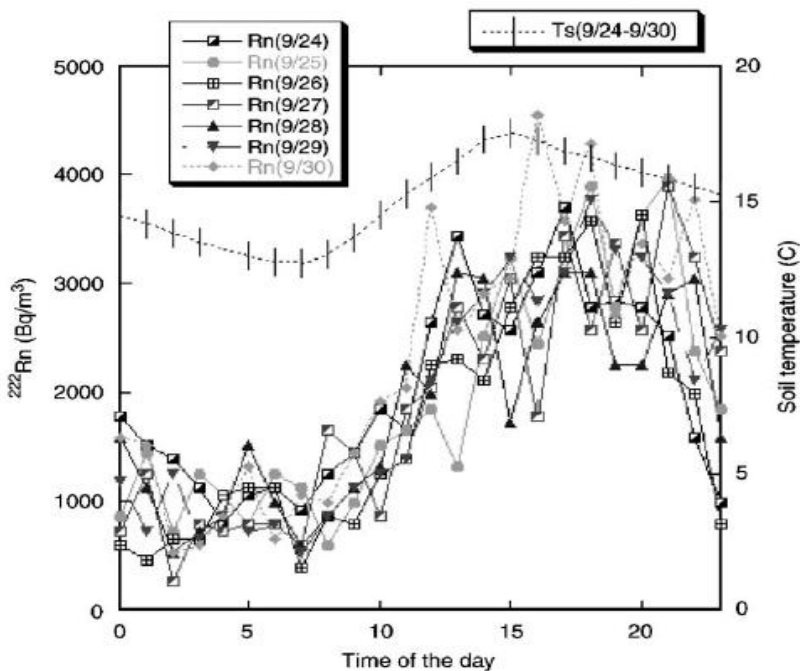
A radonkamra egy műanyag, két végén csapokkal ellátott zárható henger, aminek segítségével meghatározható a vizsgált minta (talaj, építőanyag, stb.) radonexhalációja. A kamra csapjait műanyag csövekkel kapcsoljuk a RAD 7-hez, az egyiket a közvetlenül, míg a másikat páralekötőn keresztül. A vizsgálni kívánt mintát három hétig hagyjuk a zárt kamrában, hogy beálljon az aktivitások közötti egyensúly a radon és leányelemei között. Ez után elkezdhetjük a mérést (**12. ábra**). Hogy a mintában keletkező és elbomló radonatomok száma között egyensúly álljon be, 3 hetet kell várunk, ami a radon felezési idejének ötszöröse. Hiba olyankor léphet fel, ha a radonkamra illesztései nem megfelelőek, vagy a páralekötő nincs kellően kiszárítva.

#### 4.3 Talajgázmérő szonda

A Durridge gyártmányú RAD 7 radonmonitorhoz kapcsolható talajgázmérő szonda egy 3 részből álló, viszonylag egyszerű szerkezet. Tartozékai egy vékonyabb, és egy vastagabb acélrúd illetve egy acélcső. A vastagabb rúd rövidebb és ez alkalmas arra, hogy előzetesen felderítsük a terep alkalmasságát, hogy a mérésre megfelelő mélység elérhető-e. A szonda maximum 1 méter mélységig tud lehatolni optimális esetben és az alsó végpont 15 cm-es szakaszában méri a talajgáz radonkoncentrációját. A szonda egy külső csőből és egy abba tökéletesen illeszkedő belső rúdból áll, amit együtt juttatunk a talajba. A mérés előtt közvetlenül a belső rudat kihúzzuk. A talajban maradt cső, ami tulajdonképpen maga a szonda, műanyag csövek segítségével egy páralekötőn keresztül hozzákapsoljuk a RAD 7 radonmonitort. A standard páratartalom 6-7%-nál nem lehet nagyobb. Hibaforrás lehet ha túl későn csatlakoztatjuk a detektort, hiszen a radon kiszökhet az acélcső felső nyílásán. A szondával a talajban lévő levegő radonkoncentrációját határozzuk meg, ami közvetve információval szolgál a talaj rádiumtartalmáról. A vizsgált terület előzetes radon feltérképezésére kiválóan alkalmas eszköz.

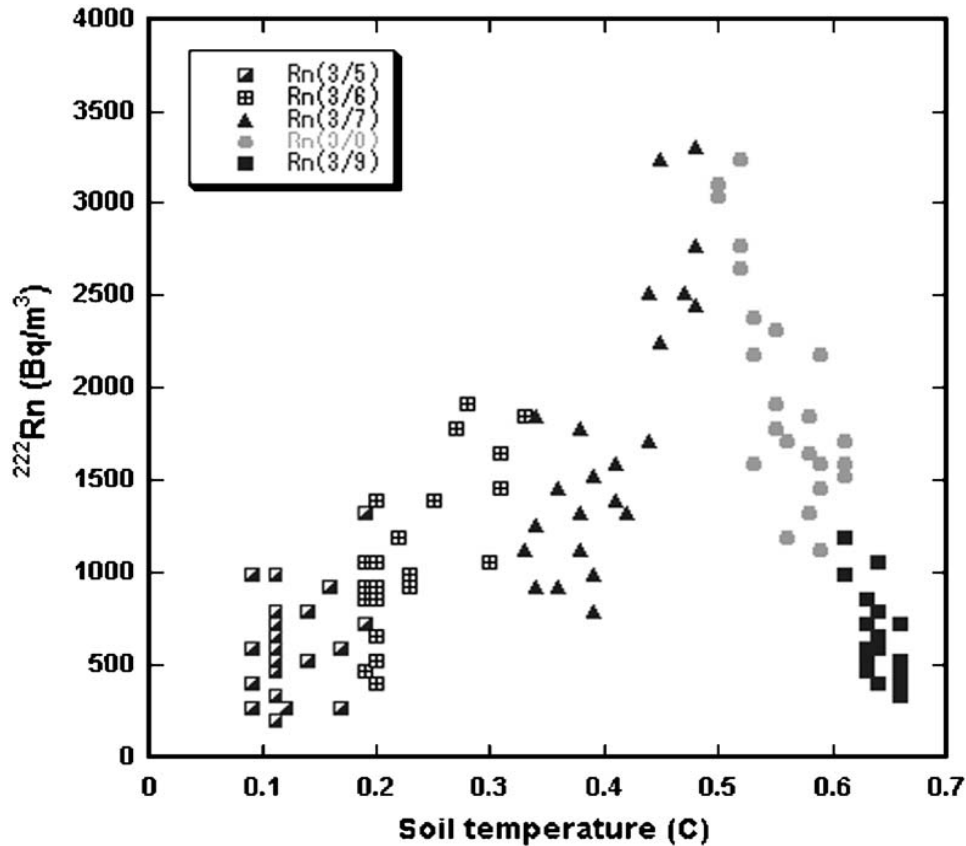
Az in situ vizsgálatok során, a talajfúrás, illetve a kert természetes talajgáz exhalációját kutattuk. Utóbbi mérésekor kapott eredményeink közül, csupán a második mérőhely adatait vehetjük reális, a területre megközelítőleg jellemző értéknek, mivel az első mérőponton (az első fúróluk kb. 3 méteres környezetében) a talajgáz mértéke még nem érte el a tetőzést, így ezt nem tekinthetjük valós eredménynek. A második mérőponton (a második fúróluk kb. 3 méteres körzetében) már hiteles összesítést kaptunk. Fontos megjegyeznünk, hogy egy megfelelő talajgáz

méréshez elengedhetetlen feltétel, hogy a használt RAD7 aktív detektor, a hozzá kapcsolt páralekötő segítségével, a relatív páratartalmat 6-7% alá vigye. A mi esetünkben ez a körülmény nem valósult meg annak ellenére sem, hogy a monitorozás megkezdése előtt 3 órával már elindítottuk a páramentesítést. Mérésünk megkezdésekor és annak egész időtartama alatt a relatív páratartalom 18%-on stagnált. Az eredményeinkben megnyilvánult páratartalom korrelációs hibát Kobayashi et al. (2005)-ben végzett, a talajgáz mérés és a relatív páratartalom összefüggésével kapcsolatos kutatásának eredményeivel hasonlítottuk össze. Japánban az általuk tanulmányozott területen, a talaj toron koncentrációját mérték 7%-os, 40%-os és 70%-os páratartalom mellett. Kutatásuk kimenetele bizonyosságot adott arról, hogy az alkalmazott műszer (esetében RAD7 aktív detektor) természetes talajgáz koncentrációra adott értéke a páratartalom emelkedésével nagyobb lesz. A mért értékeket más hatások mint a mérési mélység is eltolhatják a valóságtól távol álló intervallumba. Fujiyoshi et al. (2005) bizonyították, hogy a talaj radon szintje, páratartalomon kívül a mintavételezés idejétől, a szonda mélységétől, illetve a hőmérséklettől is függ. A talajgáz mértéke éjszaka alacsonyabb, míg nappali órákban magasabb szintet mutat (13. ábra).



13. ábra Fujiyoshi et al. (2005) több napos talajgáz vizsgálata ,  
óránként a (9/24-9/30) napokon  
bal oldalt a radonkoncentráció, jobb oldalt a hőmérséklet

Fujiyoshi et al. (2005) által vizsgált erdős területen, a mi körülményeinkhez hasonló,  $T = 0-0,7$  °C-os tartományban a radon koncentrációja, a 0 °C és 0,7 °C-on regisztrált 400 Bq/m<sup>3</sup>-es értéktől, egészen a 0,5 °C-on rögzített 3400 Bq/m<sup>3</sup>-es értékig egészen nagy ingadozások figyelhetők meg.



**14. ábra** Fujiyoshi et al. (2005) által tanulmányozott területen mért radonaktivitás koncentráció 10cm-es mélységben a (3/5-3/9) napokon

Hasonló változékonyság tapasztalható a hőmérséklet tekintetében (**14. ábra**). 10 cm-es mélységben 1°C-os növekedés, akár 740 Bq/m<sup>3</sup>-rel nagyobb koncentráció értéket is indukálhat. Periera (1998) kutatómunkája pedig azt bizonyítja, hogy portugáliai gránitos területen két közeli mérés közül az egyik 0,8 méteren 50 kBq/m<sup>3</sup>, míg a másik 0,3 méteren 10 kBq/m<sup>3</sup> radonkoncentrációt mutatott.

## 4.4 Fúrás

Vizsgálataink során egy kis mélységig hatoló kézi fúróval dolgoztunk. Az 1 méter hosszú fúrófej véső alakú, ami megtoldható 3, szintén 1 méteres acélrúddal. A készlethez egy szélesebb, csavart alakú fúrófej is tartozik, amivel kevert mintát kapunk, amit kemény nehezen fúrható talajtípusokhoz célszerű használni. A keményebb rétegek esetében a fogórészen található fémgömbre mért kalapácsütésekkel segíthetjük haladhatunk.



**15. ábra** A talajkézfúró  
(tartja az egyik szerző)

## 4.5 Talajvizsgálat

10%-os sósavval kezeltük a mintákat, hogy a pezsgés intenzitásából következtetni tudjunk a mésztartalomra: A kémhatást indikátor papírral vizsgáltuk a desztillált vizes oldatba vitt mintán (2,5:1 arányú oldat), amely az aktív savanyúságról (a talajoldat lehetséges  $H^+$  koncentrációját fejezi ki) ad ismeretet. Elvégeztük a gyúrópróbát, ami a fizikai talajféleségről szolgáltat információt. Evőkanálnyi nedves talajból gombócot formálunk, majd hengert (kb. 0,5 cm átmérőjűt), végül meghajlítjuk az adott anyagot (Michéli, 2008). A szín alapján következtetéseket vonhatunk le a talaj bizonyos tulajdonságairól (pl. humusztartalom, mészkiválás, stb.).



## 4.6 Szítálás

A kiválasztott talajminták szemcseméret eloszlásának meghatározásához nedves szítálást alkalmaztunk. A mintákat desztillált vízzel szitáltuk egy hattagú szitasoron - amit a geológiai anyagvizsgálat használ - rázógép segítségével, aminek eredményeként 7 frakciót kaptunk ( $<0,063$  mm;  $0,063 - 0,125$  mm;  $0,125 - 0,25$  mm;  $0,25 - 0,5$  mm;  $0,5 - 1,0$  mm;  $1 - 2$  mm;  $2 \text{ mm} <$ ). A megszáritott szemcsefrakciókat visszamértük, a legkisebbet ülepítettük, majd kiszárítottuk.  $0,063$  mm-nél kisebb szemcséknél nincs lehetőség a szitával való további szétválasztásra, mivel a gyártási technológia nem képes vékonyabb átmérőjű fémhuzalok készítésére. Az eljárás megadja a szemcseméret eloszlást, ami könnyebben osztályozhatóvá teszi a talajt és további vizsgálatok válnak elérhetővé a fontos szemcséken.



16. ábra. A hattagú szitasor a rázógépen

## 4.7 Pásztázó elektronmikroszkóp

A szitálás által szétválasztott frakciókból származó szemcséket szeparátuk, majd tárgylemezre ragasztottuk. A vizsgálatok az ELTE Kőzettani és Geokémiai Tanszékének EDAX PV 9800 energia diszperzív röntgen-spektrométerrel felszerelt AMRAY 1830 I/T6 típusú pásztázó elektronmikroszkópjával készültek. Az elemzések során 20 kV-os gyorsító feszültséget alkalmaztam, a primer elektronáram pedig 1-2 nA közötti volt. Az energia diszperzív spektrumok mennyiségi kiértékelései a műszer standardmentes programjával készültek, ami magában foglalja a mátrixhatást kiküszöbölő ZAF-korrekción is (Goldstein, 1992).



17. ábra Amray 1830 I/T6 típusú pásztázó elektronmikroszkóp

## 5. IN SITU VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK

### 5.1 Meteorológiai adatok

Az eddig olvasottakból (4.3 fejezet) könnyen beláthatjuk mennyire fontos a körülmények feljegyzése.

Nap	legnagyobb hőmérséklet	legkisebb hőmérséklet	csapadék	maximális szélökés
2008. március 27.	13°C	-1°C	0 mm	9,0 m/s
2008. március 28.	18°C	7°C	0 mm	9,5 m/s
2008. március 29.	16°C	6°C	0 mm	9,5 m/s

1. táblázat Az Országos Meteorológiai Intézet 2008. március 27-29. közötti mérés adatai (www.met.hu)

### 5.2 Doziméter

A doziméteres mérések 2008 március 27.-én történtek.

#### 5.21 Épület (9. ábra)

A földszint átlagos értéke: 0,007 mR/h = 70 nSv/h

A földszint legnagyobb értéke: 0,012 mR/h = 120 nSv/h

Az 1. emelet átlagos értéke: 0,009 mR/h = 90 nSv/h

Az 1. emelet legnagyobb értéke: 0,013 mR/h = 130 nSv/h

#### 5.22 Építőanyag

Egyes helységek viszonylag nagyfelületű borítottsága miatt fontosnak tartottuk a csempék ellenőrzését kézi doziméterrel (11. ábra).

Az épületben található 9 csempetípus (CS1-CS9) mért értékei:

Minta kódja	átlag (nSv/h)	max. (nSv/h)
CS1	60	90
CS2	50	70
CS3	100	160
CS4	120	160
CS5	60	110
CS6	70	100
CS7	90	110
CS8	70	90
CS9	100	150

**2. táblázat** Az épületben található 9 csempetípus értékei

## 5.3 Aktív detektorok

### 5.3.1 RAD7

A házban történt RAD7 mérések (a mérőpontok 1-6-ig jelölve) (**9. ábra**) a hozzájuk tartozó fontosabb adatokkal.

Protokoll: SNIFF (szippantással a radon- és toronszint gyors mennyiségi felmérését tudjuk elvégezni; ez a radon belépési idejének keresésével történik)

#### Földszint:

1. mérés: 2008.03.27; mérés hossza: 3 óra; hőmérséklet átlaga: 11,5 °C;  
relatív páratartalom átlaga: 42,6 %; átlag koncentráció és hiba:  $41 \pm 60$  Bq/m<sup>3</sup>
2. mérés: 2008.03.27; mérés hossza: 12 óra; hőmérséklet átlaga: 11,7 °C;  
relatív páratartalom átlaga: 42,3 %; átlag koncentráció és hiba:  $47 \pm 63$  Bq/m<sup>3</sup>
3. mérés: 2008.03.28; mérés hossza: 6 óra; hőmérséklet átlaga: 11,5 °C;  
relatív páratartalom átlaga: 46,8 %; átlag koncentráció és hiba:  $25 \pm 53$  Bq/m<sup>3</sup>

#### 1. Emelet:

4. mérés: 2008.03.28; mérés hossza: 6 óra; hőmérséklet átlaga: 11,1 °C;  
relatív páratartalom átlaga: 47,5 %; átlag koncentráció és hiba:  $49 \pm 63$  Bq/m<sup>3</sup>

5. mérés: 2008.03.29; mérés hossza: 12 óra; hőmérséklet átlaga: 9,7 °C;  
relatív páratartalom átlaga: 50,7 %; átlag koncentráció és hiba:  $37 \pm 59$  Bq/m<sup>3</sup>
6. mérés: 2008.03.29; mérés hossza: 6 óra; hőmérséklet átlaga: 12,5 °C;  
relatív páratartalom átlaga: 45,5 %; átlag koncentráció és hiba:  $36 \pm 64$  Bq/m<sup>3</sup>

### 5.32 AlphaGUARD

A házban történt AlphaGUARD mérések (a mérőpontok 1-6-ig számozva) (**9. ábra**) a hozzájuk tartozó fontosabb adatokkal.

#### Földszint:

1. mérés: 2008.03.27; mérés hossza: 3 óra; hőmérséklet átlaga: 10,5 °C;  
relatív páratartalom átlaga: 41,6 %; légnyomás átlaga: 989,5 mbar;  
átlag koncentráció és hiba:  $54 \pm 28$  Bq/m<sup>3</sup>
2. mérés: 2008.03.27; mérés hossza: 12 óra; hőmérséklet átlaga: 9 °C;  
relatív páratartalom átlaga: 47,8 %; légnyomás átlaga: 991,9 mbar;  
átlag koncentráció és hiba:  $83 \pm 37$  Bq/m<sup>3</sup>
3. mérés: 2008.03.28; mérés hossza: 6 óra; hőmérséklet átlaga: 8 °C;  
relatív páratartalom átlaga: 58,9 %; légnyomás átlaga: 996,7 mbar;  
átlag koncentráció és hiba:  $45 \pm 25$  Bq/m<sup>3</sup>
5. mérés: 2008.03.29; mérés hossza: 12 óra; hőmérséklet átlaga: 10 °C;  
relatív páratartalom átlaga: 51,3 %; légnyomás átlaga: 1002 mbar;  
átlag koncentráció és hiba:  $61 \pm 31$  Bq/m<sup>3</sup>

#### 1. Emelet:

4. mérés: 2008.03.28; mérés hossza: 6 óra; hőmérséklet átlaga: 9,9 °C;  
relatív páratartalom átlaga: 55,1 %; légnyomás átlaga: 997,9 mbar;  
átlag koncentráció és hiba:  $69 \pm 33$  Bq/m<sup>3</sup>
6. mérés: 2008.03.29; mérés hossza: 6 óra; hőmérséklet átlaga: 10 °C;  
relatív páratartalom átlaga: 53,3 %; légnyomás átlaga: 1004 mbar;  
átlag koncentráció és hiba:  $111 \pm 42$  Bq/m<sup>3</sup>

## 5.4 Fúrások

A fúrásokat a talajvíz szintjéig mélyítettük. Az egyes, egymástól elkülöníthető rétegeket A, B, C, D, E, F jelzéssel láttuk el, míg a mintákat számozással jelöltük ( **18. ábra**).

### *Kiskunhalas 1 (KH1) minták leírása*

KH1-A : KH1-1 minta:

Mélység: 0-12 cm

Fekete színű, humuszban gazdag idehordott talaj.

Megjegyzés: szabad szemmel elkülöníthető elegyrészek, szerves növényi maradványok

KH1-B : KH1-2 minta:

Mélység: 12-28 cm

Sárgás színű, idehordott kvarc homok.

KH1-C : KH1-3, KH1-4, KH1-5 minták:

Mélység: 28-42 cm, 42-56 cm, 56-70 cm

Barnásszürke talaj kis változékonysággal

KH1-D : KH1-6, KH1-7, KH1-8 minták:

Mélység: 70-85 cm, 85-99cm, 99-113 cm

Barna talaj kis változékonysággal

KH1-E : KH1-9, KH1-10, KH1-11 minták:

Mélység: 113-130 cm, 130-145 cm, 145-160 cm

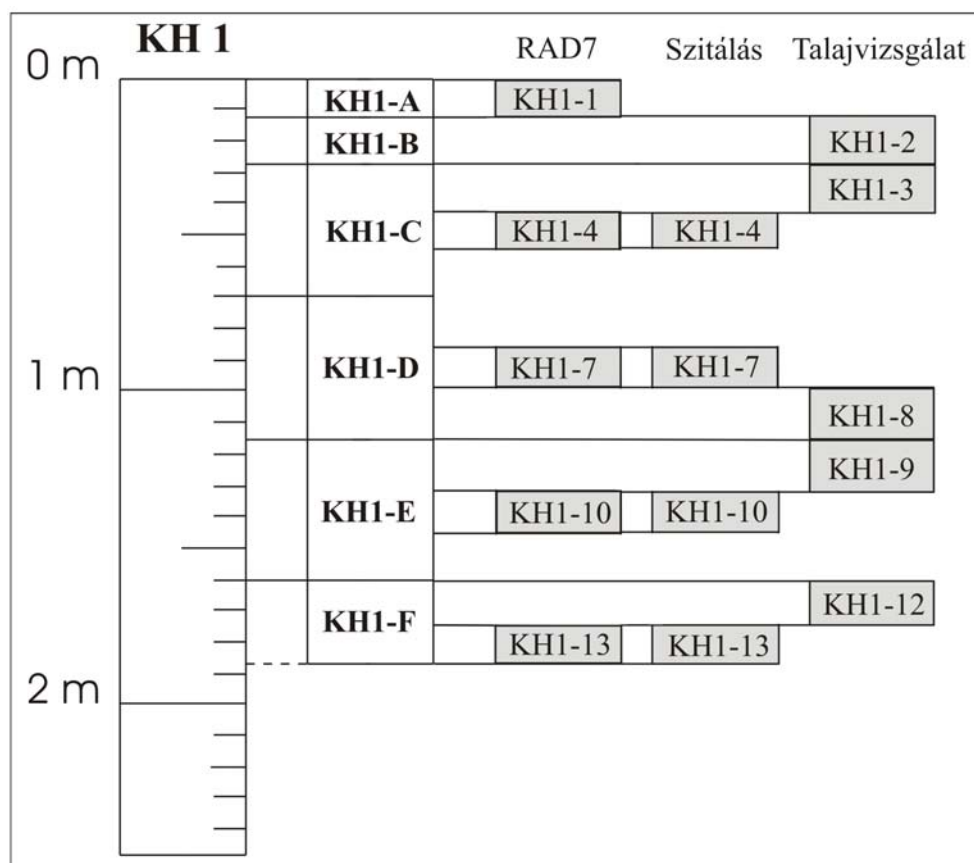
Barna, agyagos talaj kis változékonysággal

Megjegyzés: első jel komoly talaj nedvesség megjelenése

KH1-F : KH1-12, KH1-13 minták:

Mélység: 160-175 cm, 175-188 cm

Fehéresszürke agyagos talaj kis változékonysággal



18. ábra KH1 fúrásszelvény és az elvégzett vizsgálatok

#### 5.42 Kiskunhalas 2 (KH2) minták leírása

##### KH2 (Kiskunhalas 2) minták leírása

KH2-A : KH2-1 minta:

Mélység: 0-12 cm

Fekete színű, humusz gazdag idehordott talaj.

Megjegyzés: Szabad szemmel elkülöníthető elegyrészek, szerves növényi maradványok

KH2-B : KH2-2, KH2-3, KH2-4, KH2-5, KH2-6 minták:

Mélység: 12-27 cm, 27-40 cm, 40-60 cm, 60-80 cm, 80-100 cm

Barna talaj kis változékonysággal

Megjegyzés: A KH2-3as minta (27-40 cm) fehér, porszerű karbonátos kiválást tartalmaz

KH2-C : KH2-7, KH2-8 minták:

Mélység: 100-120 cm, 120-135 cm

Sötétszürke színű talaj kis változékonysággal

Megjegyzés: Szén, kokszt és salak törmelékeket tartalmaz

KH2-D : KH2-9; KH2-10 minták:

Mélység: 135-160 cm, 160-185 cm

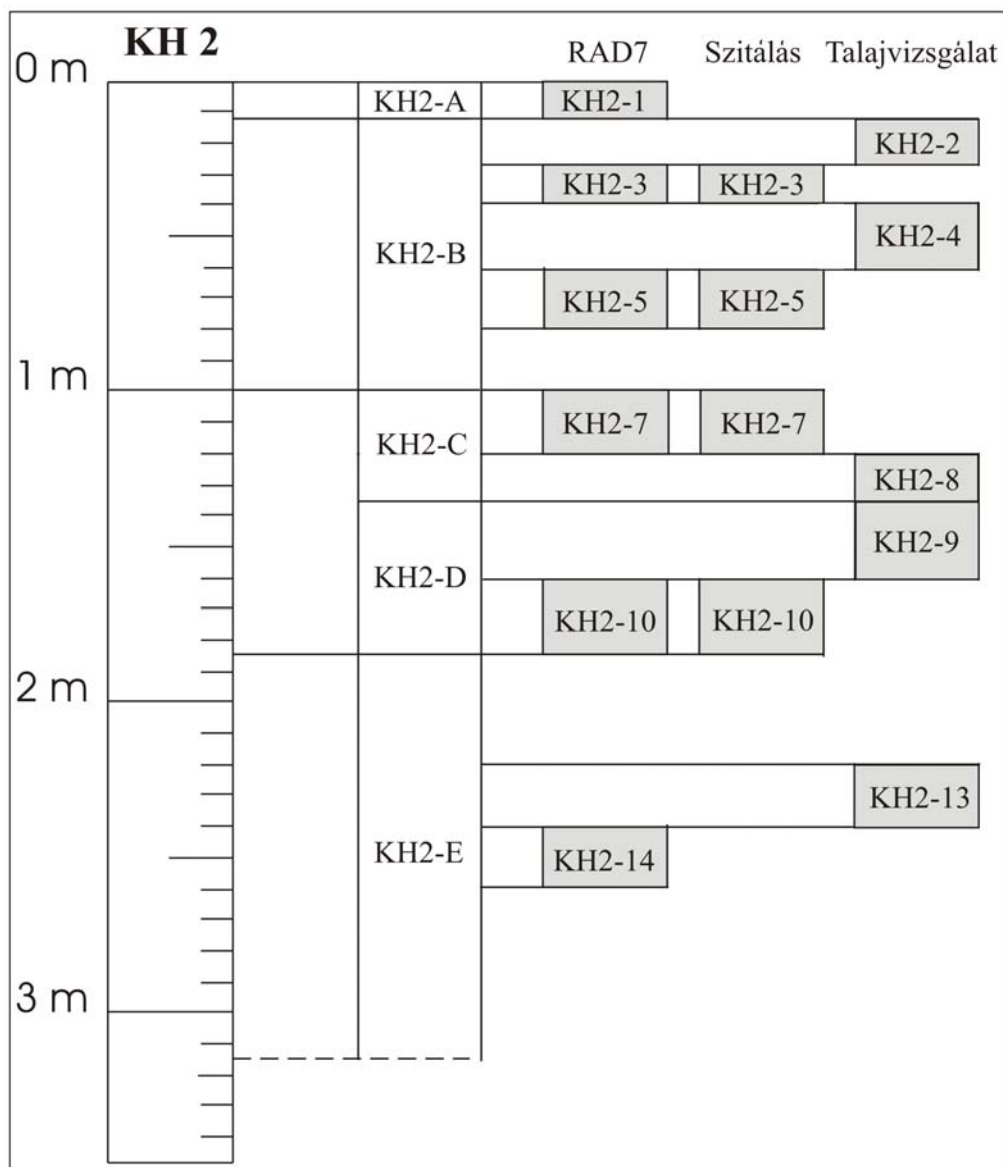
Barnásszürke színű agyagos talaj kis változékonysággal

Megjegyzés: az első nedvesség megjelenése

KH2-E : KH2-11, KH2-12, KH2-13, KH2-14, KH2-15, KH2-16, KH2-17 minták:

Mélység: 185-210 cm, 210-220 cm, 220-240 cm, 240-260 cm, 260-280 cm, 280-300 cm, 300-315 cm

Barnás-vöröses, szinte sárga színű, agyagos talaj kis változékonysággal



19. ábra KH2 fúrásszelvény és az elvégzett vizsgálatok



## 5.5 Talajgáz mérés

A talajgáz mérés 2008. november 18.-án történt.

A vizsgált mélység 45-50 cm,

Az elfogadott standard páratartalom 6-7%, ezzel szemben a mérés során ezt nem sikerült elérni.

### 5.51 Meteorológiai adatok

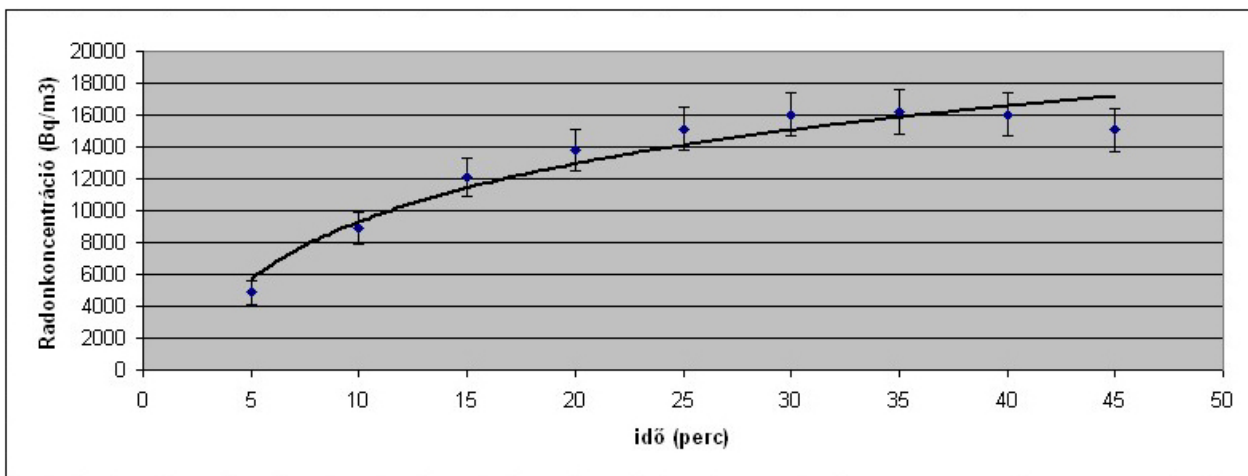
A Meteorológiai Intézet napi adatai alapján:

Nap	legnagyobb hőmérséklet	legkisebb hőmérséklet	csapadék	maximális szélökés
2008. november 18.	9°C	- 4°C	0 mm	4 m/s

**3. táblázat** Az talajgáz mérés alatti meteorológiai adatok  
(www.met.hu)

### 5.52 RAD7

2008.11.18; mérés időtartama: 45 perc; hőmérséklet átlaga: 3,9 °C; relatív páratartalom átlaga: 17,8 %; egyensúlyi koncentráció és hiba:  $15500 \pm 1350$  Bq/m<sup>3</sup>



**20. ábra** A talajgázmérő szonda eredménye

## 6. EX SITU VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK

### 6.1 RAD7

24 órás mérések radonkamrában.

#### 6.11 Építőanyag

Hőmérséklet átlaga: 24,8 °C; relatív páratartalom átlaga: 57,3 %;

Háttér átlaga: 16 Bq/m<sup>3</sup>; fajlagos radonexhaláció 1,95 Bq/kg, amely érték Völgyesi (2008) tanulmányai szerint, nem mondható magas értéknek.

#### 6.12 A Fúrásminták RAD7 mérései

6.121 Kiskunhalas 1 (KH1) fúrás mintáinak eredményei

KH1-A, KH1-1 : hőmérséklet átlaga: 25,2 °C; relatív páratartalom átlaga: 43,4 %;

háttér átlaga: 4 Bq/m<sup>3</sup>; fajlagos radonexhaláció 0,131 Bq/kg

KH1-C, KH1-4 : hőmérséklet átlaga: 24,2 °C; relatív páratartalom átlaga: 46,3 %;

háttér átlaga: 25 Bq/m<sup>3</sup>; fajlagos radonexhaláció: 0,790 Bq/kg

KH1-D, KH1-7 : hőmérséklet átlaga: 24 °C; relatív páratartalom átlaga: 48,1 %;

háttér átlaga: 25 Bq/m<sup>3</sup>; fajlagos radonexhaláció: 0,372 Bq/kg

KH1-E, KH1-10 : hőmérséklet átlaga: 25,3 °C; relatív páratartalom átlaga: 50 %;

háttér átlaga: 22 Bq/m<sup>3</sup>; fajlagos radonexhaláció: 1,249 Bq/kg

KH1-F, KH1-13 : hőmérséklet átlaga: 25,8 °C; relatív páratartalom átlaga: 48,7 %;

háttér átlaga: 22 Bq/m<sup>3</sup>; fajlagos radonexhaláció: 1,019 Bq/kg

## 6.122 Kiskunhalas 2 (KH2) fúrás mintáinak eredményei

KH2-A, KH2-1 : hőmérséklet átlaga: 25,5 °C; relatív páratartalom átlaga: 51,3 %;

háttér átlaga: 61 Bq/m<sup>3</sup> ; fajlagos radonexhaláció: 0,207 Bq/kg

KH2-B, KH2-3 : hőmérséklet átlaga: 24 °C; relatív páratartalom átlaga: 53,4 %;

háttér átlaga: 16 Bq/m<sup>3</sup> ; fajlagos radonexhaláció: 0,108 Bq/kg

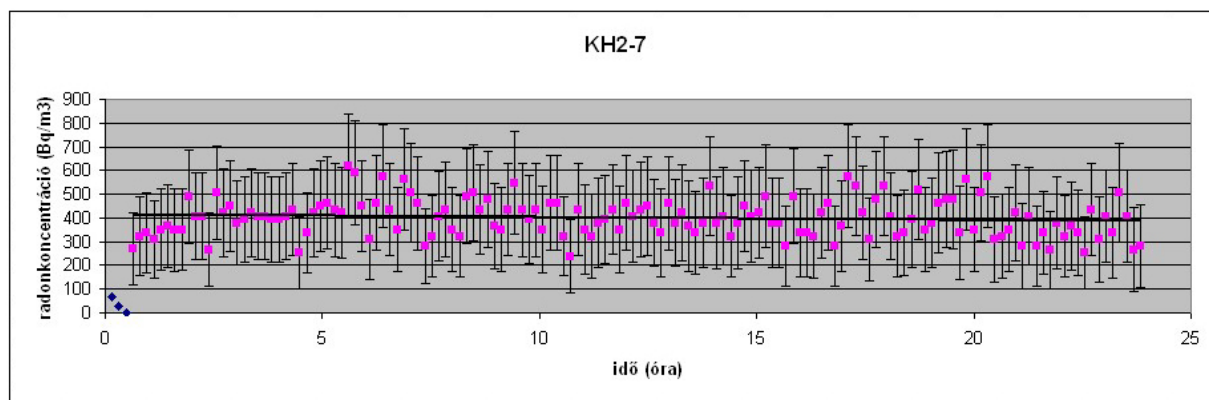
KH2-B, KH2-5 : hőmérséklet átlaga: 27,1 °C; relatív páratartalom átlaga: 59,2 %;

háttér átlaga: 13 Bq/m<sup>3</sup> ; fajlagos radonexhaláció: 0,667 Bq/kg

KH2-C, KH2-7 : hőmérséklet átlaga: 25,8 °C; relatív páratartalom átlaga: 63,6 %;

háttér átlaga: 32 Bq/m<sup>3</sup> ; fajlagos radonexhaláció: 6,607 Bq/kg

a KH2-7-es minta mérésének sorozatot a **21. ábra** mutatja



**21. ábra** A KH2-7 minta radonkamrás mérésének grafikonja

KH2-D, KH2-10 : hőmérséklet átlaga: 25,6 °C; relatív páratartalom átlaga: 64,8 %;

háttér átlaga: 51 Bq/m<sup>3</sup> ; fajlagos radonexhaláció: 1,543 Bq/kg

KH2-E, KH2-14 : hőmérséklet átlaga: 24,4 °C; relatív páratartalom átlaga: 67,2 %;

háttér átlaga: 56 Bq/m<sup>3</sup> ; fajlagos radonexhaláció: 1,018 Bq/kg

## 6.2 Talajvizsgálatok

A minta makroszkópos jellege, sósavas reakciója, pH-ja, és a színből levont következtetés alapján, a vizsgált mintákról bebizonyosodott, hogy egy homokos vályog, amely közbeékelte eltérő szinteket is magába foglal (KH2-7-es szenes réteg)

### 6.21 Kiskunhalas 1 (KH1) fúrás összesítő eredménye

Minta	makroszkópos jelleg	szín alapján	10% HCl-val	mész tartalma	pH	talajtípus pH alapján
KH1-2	szemcsés	kvarchomok	közepes pezsgés és fehér csapadék	2-5%	7	semleges
KH1-3	aggregátum	nagyobb humusztartalom, enyhén kilúgozott	közepes pezsgés	2-5%	7,5	semleges
KH1-8	aggregátum	nagyobb humusztartalom	közepes pezsgés	2-5%	7,5	semleges
KH1-9	darabos	nagyobb humusztartalom	gyenge pezsgés	1-2%	8	enyhén lúgos
KH1-12	darabos	mész kiválás, kilúgozott	erőteljes, rövid pezsgés	5-10%	9	lúgos

5. táblázat A KH1 minták talajtani vizsgálata

### 6.22 Kiskunhalas 2 (KH2) fúrás összesítő eredménye

minta	makroszkópos jelleg	szín alapján	10% HCl-val	mész tartalma	pH	talajtípus pH-alapján
KH2-2	szemcsés	nagyobb humusztartalom, kilúgozott	erőteljes, hosszú pezsgés	10% <	8	enyhén lúgos
KH2-4	szemcsés	nagyobb humusztartalom, mész kiválás	erőteljes, rövid pezsgés	5-10%	7	semleges
KH2-8	porló	kilúgozás	közepes pezsgés + kénes szag	2-5%	7	semleges
KH2-9	szemcsés	kilúgozás	közepes pezsgés	2-5%	8	enyhén lúgos
KH2-13	morzsalékos	vas és alumíniumoxidok dúsulása	erőteljes, hosszú pezsgés	10%	8	enyhén lúgos

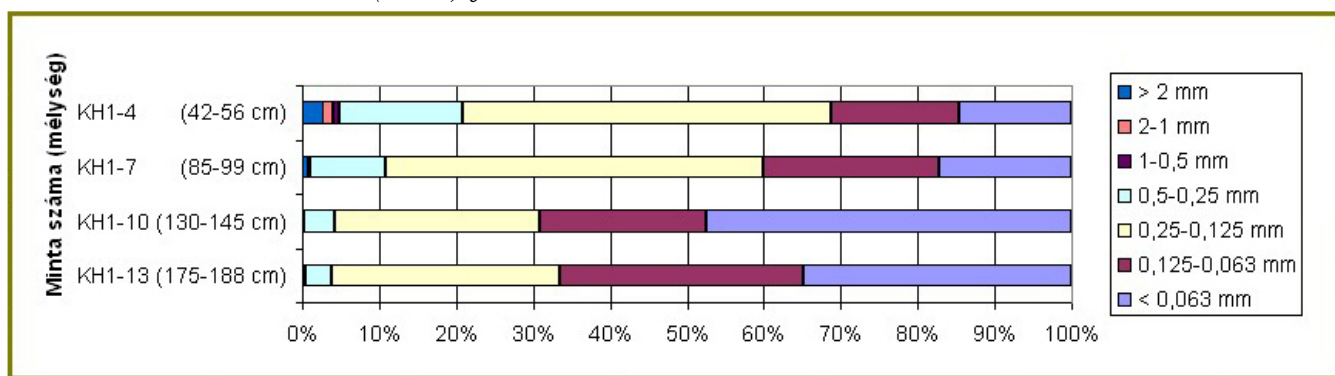
6. táblázat A KH2 minták talajtani vizsgálata

### 6.3 Nedves szítálás szemcsefrakcióit a 7. táblázat mutatja.

USDA rendszer alapján	
> 2mm	kavics (kerek), közettörmelék (szögletes)
2-1 mm	nagyon durvaszemcsés homok
1- 0,5 mm	durvaszemcsés homok
0,5-0,25 mm	középszemcsés homok
0,25-0,125 mm	középszemcsés homok
0,125-0,063 mm	finomszemcsés homok
< 0,063 mm	aleurit + agyag (<0,002 mm)

7. táblázat Szemcsefrakciók az United States Department of Agriculture rendszer alapján

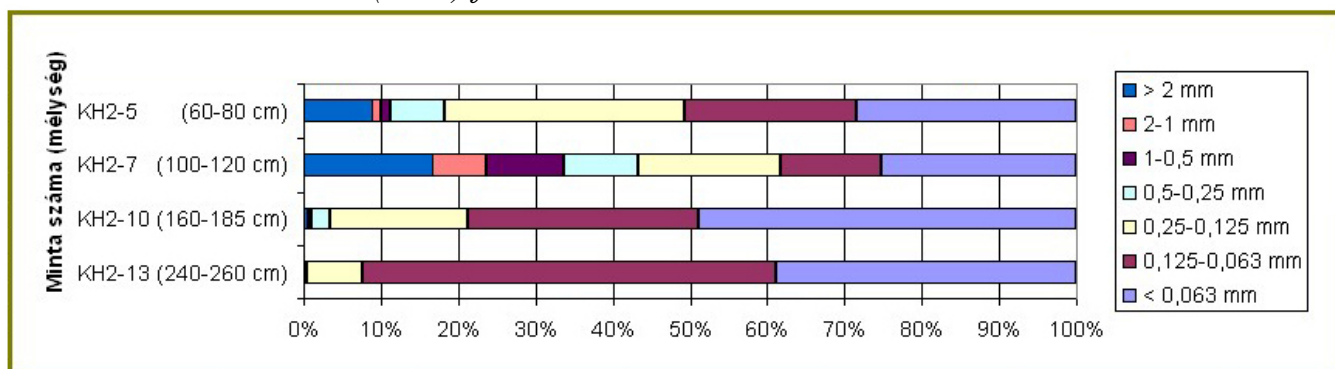
6.31 Kiskunhalas 1 (KH1) fúrás összesítését a 18. ábra tartalmazza.



22. ábra A KH1 fúrás minták szemcseeloszlása

A diagramon látható, a KH1-es fúróluk mélység szerinti szemcseméret eloszlása.

6.32 Kiskunhalas 2 (KH2) fúrás összesítését a 19. ábra tartalmazza.

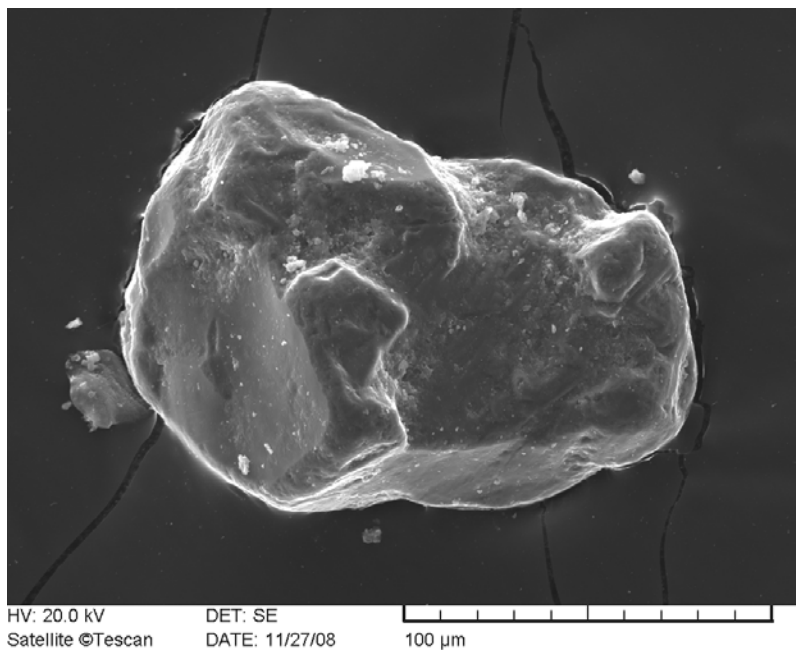


23. ábra A KH2 fúrás minták szemcseeloszlása

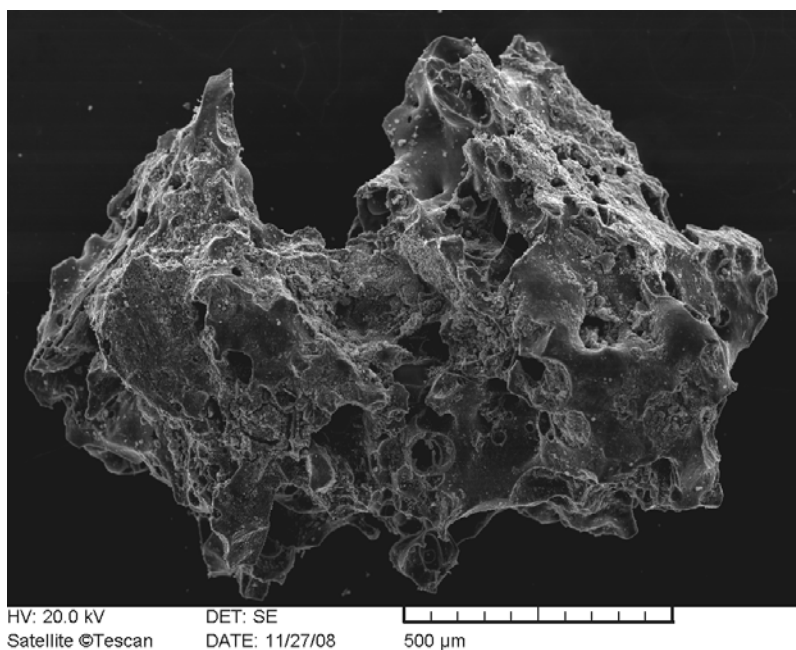
A diagramon látható, a KH1-es fúróluk mélység szerinti szemcseméret eloszlása.

## 6.4 Pásztázó elektronmikroszkóp (Scanning Electron Microscope - SEM)

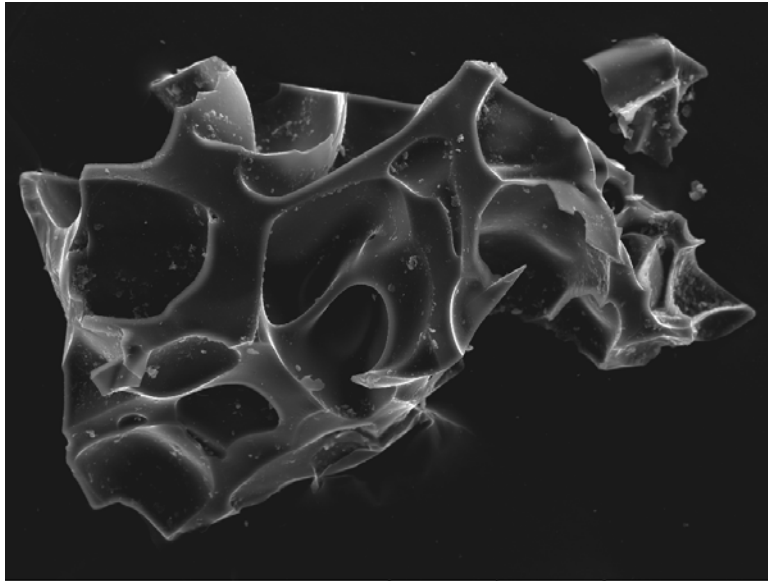
A KH2-7-es minta 0,063-0,125 mm; 0,125-0,25 mm; 0,25-0,5 mm; 0,5-1 mm-es frakcióiból származó szelektált szemcsék képe (24-27 ábra). A benne talált szerves eredetű szemcsék (faszén, koksz, erőművi salak) nagyobb felülettel rendelkeztek.



**24. ábra** Egy természetes eredetű szilikátásvány (gránát) szemcse a 0,063-0,125 mm-es frakcióból

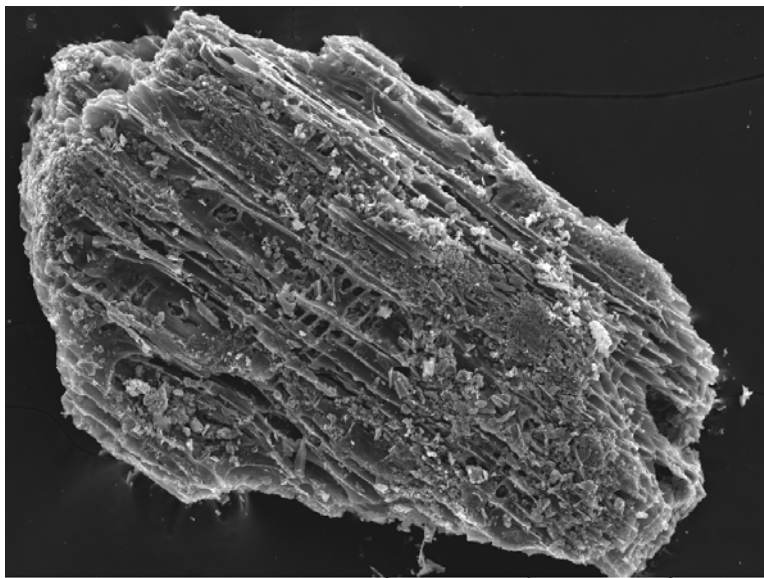


**25. ábra** Kohósalak a 0,5-1 mm-es frakcióból



HV: 20.0 kV      DET: SE  
Satellite ©Tescan      DATE: 11/27/08      100 μm

**26. ábra** Kohósalak a 0,125-0,25 mm-es frakcióból



HV: 20.0 kV      DET: SE  
Satellite ©Tescan      DATE: 11/27/08      200 μm

**27. ábra** Faszén a 0,25-0,5 mm-es frakcióból

## 7. DISZKUSSZIÓ

A kiskunhalasi egykori orosz laktanya vizsgálatának eredményeit összefoglalva elmondható, hogy az épület kollégium létesítésére alkalmas. Az épületre jellemző átlagos radonkoncentráció  $60 \text{ Bq/m}^3$ . A földszinten, illetve az emeleten végzett mérések alapján az épületben a radonkoncentráció maximális értéke  $111 \pm 42 \text{ Bq/m}^3$  (**5.3 fejezet**). Az eredmények értelmezéséhez azonban figyelembe kell venni a létesítmény mostani állapotát és a radonszint évszakos ingadozását. A nyílászárók rossz szigetelése és egyes helyeken az ajtó hiánya az eredményeket befolyásolhatja. Épületekre jellemző radonszint meghatározása során tehát figyelniük kell arra, hogy a mérőműszer jól szigetelt és szeparált térben legyen elhelyezve, valamint, hogy a mérések lehetőleg minden évszakban meg legyenek ismételve (Tóth et al., 2004). Az épületekbe jutó radon fő forrása az építőanyagok radioaktív izotóptartalma és a talajok, kőzetek urán- és rádiumtartalma. Vizsgálataink tervezésékor ezt a két szempontot vettük figyelembe.

Megvizsgáltuk, hogy az építőanyagok milyen mértékben járulnak a beltérben kialakuló radonkoncentrációhoz. A **6.11 fejezet** mutatja a bejárat mellől vett gázbeton radon exhaláció méréseinek eredményeit (a minta fajlagos radonexhalációja  $1,95 \text{ Bq/kg}$ ). Az építés során felhasznált csempék felszíne égetet mázzal borított, amely tökéletesen lezárja a pórusokat, és megakadályozza a radon kilépését a környezetbe (Breitner et al. 2006). Ezek alapján feltételezhetjük, hogy az építőanyagokból diffundáló radon mennyisége nem halmozódhat fel az egészségre káros mennyiségben.

A másik tényező, amelyet figyelembe kell venni az a talajgáz radonkoncentrációja, hiszen az épületekbe jutó radon mennyiségét nagy mértékben befolyásolja.. A **20. ábra** mutatja a KH2 fúróluk 3 méteres körzetében mért talajgáz radonkoncentráció értékét. ( $15500 \pm 1350 \text{ Bq/m}^3$ ). Ez az érték a világátlaggal összehasonlítva közepesnek mondható. Az in situ vizsgálatok mellett a jellegzetesebb talajminták radonexhalációját laboratóriumi körülmények között határoztuk meg. Az eredmények fejezetben (**6.12 fejezet**) említett adatokból jól látható, hogy a két fúrás közül csak a második fúróluk (KH2) esetében találtunk a többi eredményhez képest kimagasló,  $6,607 \text{ Bq/kg}$ -os fajlagos radon exhaláció értéket a KH2-7 mintában (**21 ábra**). A többi kiértékelt mintában mélységtől függetlenül nagyon változatos eredmények születtek. A talajfúrások mélyítése során a talajvíz magasságában is 1 méteres különbséget figyeltünk meg. A két fúróluk között



párhuzamot e tekintetben nem fedeztünk fel. Jól kivehető viszont, hogy a már említett KH2-7 minta radonexhaláció és összetétel tekintetében egyértelműen eltér az összes többi mintától. Értékeinket összevetettük más kutatások eredményeivel is, amelyek vályogos szerkezet radon vizsgálatára irányultak. Simó (2008) végzett méréseket az Alföld hasonló, homokos-agyagos összetételű területén, Kunszentmiklóson. Az általa vizsgált vályogos talaj radonexhaláció eredményei, mintáktól függően, 0,7-5 Bq/kg között ingadoztak. Vizsgált mintáink eredményei hasonló értéktartományban mozogtak. A KH2-7-es minta kiugró exhalációja azonban feltételezéseink szerint nem természetes eredetű, hanem valamilyen áthalmazott szennyeződés okozza. Ezt támasztja alá a szitalás eredménye is, ami anomáliát mutat a szemcseméret eloszlásban. A két fúrólukból származó mintában, (KH1 és KH2, **22 és 23. ábra**) a 2 mm feletti szemcsemérettartomány szinte csak a legfelső rétegből vett mintákban található meg. Ezzel szemben feltűnő a szelvény 100-135 cm-es mélységből származó része, amelyben viszonylag nagy mennyiségben jelenik meg a 2 mm feletti szemcseátmérőjű frakció.. Makroszkópos vizsgálat alapján a szemcsék szerves eredetűek, talajtani vizsgálatok alatt kénes szagot is tapasztaltunk. Felvetésünk bizonyítására az említett rétegen pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatot végeztünk. Az eredmények szerint, a KH2-7-es minta nagy mennyiségben tartalmaz kiégetett szerves anyagot, ami minden bizonnyal mesterséges eredetű. Ez alapján nem meglepő a kiugróan nagy radonexhaláció érték, hiszen a kiégetett szerves anyagok hatalmas fajlagos felülettel rendelkeznek, amelyre a radon anyaeleme, az  $^{238}\text{U}$  rátapadhatott. Szembetűnő, hogy ha az antropogén hatást figyelmen kívül hagyjuk, akkor is szignifikáns különbségek mutatkoznak az ugyanarról a helyről származó talajminták szemcseméret eloszlásában (KH2-es fúrás).. Ennek oka az, hogy az egyes talajszintek kialakulása során, az uralkodó szélirány is változott a geológiai idők folyamán, és más-más területekről szállította az ásvány szemcséket a vizsgált területre (Nagy, 2007). Hasonló jelenséget figyeltek meg korábban egy sajtóhidvégi kutatás során (Nagyné et al. 2005).

Összevetve a frakcióeloszlás eredményét a talajtani vizsgálatok eredményeivel (**6. táblázat**) arra következtethetünk, hogy a mélység növekedésével a talaj lúgossága is nő. Ez a lúgosság a talajvíz meglétének és magasságának az állását reprezentálja. Az a szint, ahova a talajvíz már épp csak elér, a már sokszor említett, szenes minta (KH2-7) határánál húzódhat, ahol az exhalációmérések alapján feltételezhető a nedvesség általi kimosódás. Ezt alátámasztja, hogy a szenes minta alatti rétegek valamivel nagyobb értéket mutatnak, mint ahogy azt mi a KH1-es fúráshoz képest elvárnánk. Összegzésképpen elmondható, hogy a talaj felső 100-135 cm-es rétegét egy igen változatos, mesterséges réteg borítja. Ez az antropogén hatás az idehordott

változatos törmelék maradványa. Bár a KH2-es fűrólyukban is találtunk kimagasló értéket (**21. ábra**) a tapasztalatok szerint egy jó állapotú alapozás minimálisra csökkenti a beszivárgás valószínűségét.

Összesítve a beltéri mérések, az építőanyag vizsgálatok és a komplex talajvizsgálatok eredményeit, jelentős egészségre káros szintű radonkoncentráció kialakulása az épület belterében nem várható.

## **8 KONKLÚZIÓ**

1) A talajgáz mérési eredmények nem mutatnak nagy talaj radon koncentrációt a hazai és nemzetközi irodalmi adatokkal összehasonlítva.

2) A fűrásokkal feltárt két talajszelvénynek a vizsgálati eredményei szintén biztatónak mutatkoztak az egészségügyi kockázat szempontjából. A kivételt képező KH2-es fűrólyuk kiemelt, nagy széntartalmú KH2-7-es szelvény bizonyítottan antropogén eredetű, az épületre gyakorolt káros hatása azonban méréseinkkel nem alátámasztható.

3) A beltéri in situ méréseink során, ahogy azt a kültéri mérésekkel is igazoltuk, nem mutatható ki számottevő radonkoncentráció.

4) Az előzőekben leírtak tükrében állítható, hogy ha a használaton kívüli építmény műszakilag alkalmas a felújításra és az azt követő kollégiumi lakhatásra, akkor radonkoncentráció értékek szempontjából az egészségre károsító hatása nem lesz.

# K Ö S Z Ö N E T N Y I L V Á N Í T Á S

Köszönetünket szeretnénk kifejezni témavezetőnknek **Szabó Csabának, Ph.D.**, aki tapasztalatával, türelmével és örökös támogatásával segítette munkánk elkészülését.

Köszönettel tartozunk **Udvardi Beatrixnak** a talajtani vizsgálatokért illetve **Bendő Zsoltnak** a geokémiai elemzésben nyújtott segítségéért, valamint **Völgyesi Péternek** az épület gázbeton burkolatának kiértékeléséért.

Köszönet illeti **Nagy Hedvig Évát** és **Guzmics Tibort** akik szakmai tanácsukkal, tudásukkal és kritikájukkal elősegítették munkánk színvonalasságát.

Végül, de nem utolsó sorban köszönettel tartozunk **Papp Gyula Kiskunhalasi Tanár Úrnak** ott tartózkodásunk ideje alatti készséges segítségéért.

## I R O D A L O M J E G Y Z É K

- Becker, K. (2003): One century of radon therapy. –Submitted for publication to Inter. J. Low Radiation
- Boráros, V., (2006): A permii vörös homokkő radonkibocsátásának vizsgálata a Balaton felvidéken (szakdolgozat)
- Breitner, D., Horváth, Á., Gálné, S., K., Nagyné, B., J., Tóth, E., Szabó, Cs. (2006): Az épületanyagok szerepe a beltéri radonaktivitás-koncentráció kialakulásában egy esettanulmány alapján, Magyarország környezetgeokémiai állapota, 129-138. old.
- Chang, R. (1991): Chemistry. – McGraw -Hill, Inc., 1051p
- Darby et al (2004): Radon in homes and risk of lung cancer collaborative analysis of individual data from 13 European case -control studies, BMJ 2005;330;223
- Fujiyoshi, R., Sakamoto, K., Imanishi, T., Sumiyoshi, T., Sawamura, S., Vaupotic, J., Kobal, I. (2005): Meteorological parameters contributing to variability in <sup>222</sup>Rn activity concentrations in soil gas at a site in Sapporo, Japan, Science of the Total Environment 370 (2006) 224-234 old.
- Goldstein, B., Jones, D., Kevrekidis, I., D., Perelson, A., S., (1992) Evidence for IL-2 heterodimers in the absence of IL-2 from Scatchard plot analysis, Int. Immunol, 4, 23-32 old.
- Jámbor, Á., (Szerk.): Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana, 107-117. old.
- Juhász, Gy. (1992): Pannóniai formációk elterjedése az Alföldön, Földtani Közlöny 122/2-4, 134-162. old.
- Juhász, Gy. Magyar, I. (1993): Pannon litofáciesek és molluszká biofáciesek korrelációja, Földtani Közlöny 122/2-4, 167-194. old.
- Kiss, D., Horváth Á, Kiss Á., : Kísérleti Atomfizika (Egyetemi Tankönyv, Eötvös Kiadó, 1998)
- Kobayashi, Y., Tokonami, S., Hakahasi, H., Zhou, W., Yonehara, H., (2005): Practicality of the thoron calibration chamber system at NIRS, Japan, National Institute of Radiological Sciences, Anagawa 4-9-1 Inage, Chiba 263-8555, Japan

Köteles, Gy. (1994): Radon a környezetünkben, Fizikai szemle 1994/6

Marx, Gy. (1996): Atommagközelben, Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged

Michéli, E., (2008): Talajtani gyakorlatok 1,2 (SzIE, Mezőgazdasági-és Környezettudományi Kar, Talajtani-és Agrokémiai Tanszék)

Molnár, B. (1962): A Duna – Tisza közti eolikus rétegek felszíni és felszínalatti kiterjedése, Földtani Közlöny, 91/3, 300-315 old.

Nagy, B.-né, Gálné, S. K., Szabó, Cs., Barabás, A., Breitner, D., Rajnai, G., Koncz., Z., (2005): U- és Th- tartalmú járulékos ásványok és szerepük a természetes sugárterhelésben., 48., Magyar Spektrokémiai Vándorgyűlés előadásai, Hajdúszoboszló, MKE kiadvány 105-109. old.

Patkós, A., (2004): Kozmológia: az Univerzum történetének tudománya. Magyar Tudomány, 2004/6 732. o.

Pereira, A. J. S. C., Neves, L. J. P. F., Godinho, M. M. (1998): Understanding the variability of soil gas radon concentrations: the importance of small scale geological studies for radon risk mapping, 1-8 old.

Péter, A., (2004): Kiskunhalas Város Önkormányzata képviselő testületének 41/2004. (X.04.) rendelete a helyi hulladékgazdálkodási tervről

RAD 7 – Elektronikus radon detektor (használati utasítás)

Schumann, R. R., Owen, D. E., Asher -Bolinder, S. (1989): Weather factors affecting soil -gas radon concentrations at a single site in the semiarid western U. S., in Osborne, M. C., Harrison, J., eds., Proceedings of the 1988 EPA Symposium on Radon and Radon Reduction Technology, Volume 2, Poster presentations. – U. S. Environmental Protection Agency Report EPA/600/9 -89/006B, p. 3 -1 -3 -13

Simó, Zs. L., (2008): Vályogminták radonkibocsátás vizsgálata, (szakdolgozat)

Tanner, A. B. (1980): Radon migration in the ground: supplementary review. *In*: Nazaroff, W.W. and Nero, A.V.Jr. (1988): Radon and its decay products in indoor air, John Wiley&Sons, New York, 518.old.

Tóth, E., (1998): A lakótéri radonszint eloszlásáról, Fizikai szemle 2005/11, 375. old.

Tóth, E., (2004): A radonszint jóslhatósága, 1-5. old.

Völgyesi, P., (2008): Egyes fizikai és geokémiai vizsgálatok gázszilikát és salakbeton építőanyagokban. (TDK dolgozat)