

Szegedi Tudományegyetem
Földtudományok Doktori Iskola

**A TALAJ- ÉS TALAJVÍZRENDSZER KOMPLEX KÖRNYEZETI
SZEMPONTÚ ÉRTÉKELÉSE VÁROSI TERÜLETEN, SZEGED
PÉLDÁJÁN**

Doktori (PhD) értekezés tézisei

FEJES ILDIKÓ

Témavezető:

Dr. habil Farsang Andrea
egyetemi docens

Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék

Szeged

2014

BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS

Napjainkban a világ népességének több mint fele él városokban, mely arány folyamatosan növekszik, ezért egyre több embert érintenek a városi környezet terhelő hatásai. A városokat jellemző intenzív antropogén tevékenység következtében sok városban mára visszafordíthatatlanul károsodott a környezet, köztük a felszín alatti vízbázis és a talaj. A talaj szennyeződése nemcsak humán-egészségügyi kockázatot rejthet magában, hanem a talajvíz potenciális szennyezőforrása is lehet. A talajvízben előforduló szennyezések pedig a felszíni vízfolyásokba és a mélyebb rétegvizekbe is bekerülhetnek, tehát a környezeti rendszer számos elemére negatív hatást gyakorolhatnak. Ezen szennyezések terjedésének vizsgálatához elengedhetetlen a talajvíz áramlási viszonyainak megismerése, és a szennyezőanyagok telítetlen zónában zajló migrációs folyamatainak feltárása. A fentiek tükrében a talajvíz minősége csak talajtani, hidrológiai, hidrogeológiai és hidrogeokémiai ismeretekkel együtt vizsgálható eredményesen.

Doktori kutatásom aktualitását a felvázolt, városokban tapasztalt folyamatok mellett az adja, hogy bár a hazai szakirodalomban is előtérbe kerültek a városi környezettel kapcsolatos kutatások, azonban a komplex, több szférát magukban foglaló elemzések meglehetősen hiányosak. Ennek megfelelően munkámban szélesíteni kívántam a nagyvárosok talajaira és talajvízrendszerére vonatkozó ismereteket, kiemelten az antropogén tevékenység módosító hatásait. Mintaterületként hazánk harmadik legnépesebb városát, Szegedet választottam, mely a városi és a falusias jellegű területek ötvözeteként kiválóan alkalmas az antropogén tevékenységek által indikált folyamatok és szennyezések vizsgálatára.

A doktori kutatómunkám fő célkitűzése a városi talaj-talajvízrendszer átfogó, geokémiai, hidrodinamikai és hidrogeokémiai vizsgálata és értékelése volt. A doktori értekezés három kutatási témát – a talajvíz minőségének, a talajvíz áramlási tulajdonságainak és a talaj talajvíz-szennyezéssel szembeni védőképességének vizsgálatát – kapcsolja össze. A kutatásom során kitűzött célok közé tartozik a szegedi talajvízrendszer minőségi állapotának, tér- és időbeli változásának felmérése szervesen

szennyezők vonatkozásában, valamint a potenciális szennyezőforrások meghatározása. Céлом volt a vizsgált komponensek közötti geokémiai kapcsolatok és a talajvíz geokémiáját meghatározó háttér folyamatok feltárása; valamint a kutak térbeli csoportosítása a talajvíz kémiája alapján. Céljaim között szerepelt a talajvízjárást befolyásoló városi mesterséges hatások elkülönítése, és a talajvízjárás és a csapadékmennyiség változása közötti összefüggések elemzése, illetve a talajvízszint idősorok fraktál viselkedésének vizsgálata. A talajvizsgálatokkal céлом volt a talaj minőségi állapotának felmérése a leginkább szennyezett talajvízű kutak környezetében; valamint a talajok nehézfém (nikkel és réz) adszorpciós tulajdonságainak feltárása. Továbbá célként tűztem ki a talajvízbe a telítetlen zónából potenciálisan beszivárgó nehézfémek vertikális migrációjának modellezését; végül pedig a talaj és a talajvízrendszer komplex kapcsolatrendszerének feltérképezését.

KUTATÁSI MÓDSZEREK

Kutatásom mintaterületeként Szegedet választottam, ahol kiterjedt talajvíz-megfigyelő kúthálózat áll rendelkezésre. A város monitoring-hálózatából 28 kutat vontam be a talajvíz-minőségi vizsgálatokba, mely során két éven keresztül (2010 októbere és 2012 szeptembere között) havonta, illetve kéthavonta vettem talajvízmintákat. A talajvízszint monitoringhoz ezekből a kutakból 17-et választottam ki, melyből származó másfél éves (2012. január – 2013. július) idősorokat további 14 ATIVIZIG talajvízkút 13,5 éves (2000. január – 2013. július) idősoraival bővítettem ki. A talajmintavételre 2011 novemberében került sor, a hat legszennyezettebb talajvízkút közvetlen környezetében. A csapadékmintákat 2012 májusában, a frissen lehulló csapadékból vételeztem, a város különböző funkciójú területein.

A laboratóriumban a talajvízmintákban tizenkét szerves szennyező (Cu, Co, Cr, Cd, Pb, Ni, Zn, As, NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ és PO_4^{3-}) koncentrációja került meghatározásra áramlásos analízises (FIA) és optikai emissziós spektrometriás (ICP OES) módszerrel. A csapadékvíz- és talajmintákban hét nehézfém (Cu, Co, Cr, Cd, Pb, Ni, Zn) koncentrációit

mértem, a csapadékvíz esetében optikai emissziós spektrométerrel, a talajmintáknál (királyvizes feltárást követően) atomabszorpciós spektrométerrel (AAS). A talajmintákban meghatároztam a pH-értéket potenciometriás műszerrel, az Arany-féle kötöttségi számot (K_A) fonalpróbával, a szervesanyag-tartalmat (H%) kolometriás módszerrel, a szénsavasmész-tartalmat ($\text{CaCO}_3\%$) Scheibler-féle kalciméter felhasználásával, valamint az összes oldott sótartalmat (só%) konduktométerrel. A szemcseméret eloszlás vizsgálatokhoz lézer diffrakciós módszert alkalmaztam, és a kapott eredmények segítségével elvégeztem a minták textúra szerinti csoportosítását. Bolygatatlan mintákból, permeaméterrel meghatároztam a talajok telítettségi vízvezető képességét (K), továbbá tömegméréses módszerrel a térfogattömeget, az összporozitást és a nedvességtartalmat.

Sztatikus egyensúlyi kísérletekben hús talajminta adszorpciós tulajdonságait vizsgáltam a rézre és a nikkelle vonatkozóan. A modellkísérletekben a talajmintákhoz különböző kezdeti oldatkoncentrációjú (C_0) NiSO_4 , illetve CuSO_4 oldatot adtam, majd rázatást követően megmértem a szuszpenziókban az egyensúlyi oldatkoncentrációkat (C_e) atomadszorpciós spektrométerrel. A talaj által megkötött fémkoncentrációt (q) a hígítási arány (2,5) ismeretében, a C_0 és C_e értékek felhasználásával számoltam ki. Az adszorpciós izotermák felvételéhez az egyensúlyi oldat nikkelle, illetve réz koncentrációját (C_e) az egyensúlyi adszorbeált nikkelle, illetve réz koncentráció (q) függvényében ábrázoltam. Az így kapott adszorpciós görbék pontjaira Langmuir-függvényt illesztettem, mely segítségével meghatároztam az adszorpciós kapacitást (a) és az adszorpciós egyensúlyi állandó (K_d) értékeket. Az adszorpciós izotermák készítéséhez és a függvény illesztéséhez a Microcal Origin 6.0 szoftvert használtam.

A talaj és a talajvíz minősítését a 6/2009. (IV. 14) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet „B” szennyezettségi határértékei alapján végeztem el. Az adatok feldolgozásához és értékeléséhez a Microsoft Office Excel 2010, valamint az IBM SPSS Statistics 20 programot használtam. A térképeket ESRI ArcGIS 10 szoftver segítségével szerkesztettem.

A mérési eredmények és számított adatok értékeléséhez statisztikai vizsgálatokat végeztem, melyeket megelőzően sor került többek között a normalitás vizsgálatra, illetve logaritmus transzformációra. A korrelációs számításokhoz nem-paraméteres Spearman-féle rangkorrelációt alkalmaztam. A vizsgált komponensek csoportosítására, és a geokémiai háttér folyamatok feltárására főkomponens analízist használtam a Kaiser-féle kritérium alapján. A mintavételi kutak térbeli elkülönítését (a talajvíz kémiai alapján) Fisher-féle lineáris diszkriminancia analízis segítségével végeztem el. A talajvízjárás és a csapadékmennyiség változása közötti kapcsolatokat (hatóidő) keresztkorrelációs számításokkal vizsgáltam. A talajvíz és a Tisza vízjárás potenciális hosszú távú emlékezetének és fraktál viselkedésének vizsgálatához R/S (Rescaled Range) analízist alkalmaztam. Az R/S statisztikát Benoit 1.3 fraktálgeometriai szoftverrel végeztem el, mely alkalmas a vízszint idősorok fraktál tulajdonságainak meghatározására és a Hurst exponensek becslésére.

A talaj-kolloid-talajvízrendszer szivárgáshidraulikai és transzportfolyamatainak modellezésére a WHI UnSat 2.2 program VS2DT modulját alkalmaztam. A kétdimenziós vertikális migrációs modellek felépítéséhez a laboratóriumban mért és a számított adatokat használtam fel, és az adszorpciós kísérletekben is vizsgált nehézfémekre (nikkel és réz) vonatkozóan 1, 5, 10, 50 és 100 évre futtattam le.

AZ EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA, TÉZISEK

1. A talajvíz-hőmérsékleti idősorok alapján a mintaterületen a talajvíz hőmérséklete a külterületeken több °C-kal hűvösebb, mint a városközpontban, mely alapján bizonyítható a „városi felszín alatti hősziget” jelensége.

- a. A Szegeden és környékén elhelyezkedő 28 megfigyelőkút hőmérsékletét a két éves vízminőségi monitoring (2010 októbere és 2012 szeptembere között) során folyamatosan mértem. A mérési eredmények alapján a külterületen elhelyezkedő kutaknál a talajvíz hőmérséklete átlagosan 5–6 °C-kal hűvösebb, mint a

belvárosi kutak esetében. A léghőmérsékletre vonatkozó városi hősziget analógiáján tehát a talajvízre vonatkozóan kimutatható a „felszín alatti hősziget”.

- b. A „felszín alatti hősziget” intenzitása (a városban és a külterületen mért talajvíz-hőmérsékletek különbsége) extrém esetben a 10 °C-ot is meghaladta. A szegedi léghőmérsékletre vonatkozó városi hőszigethez hasonlóan a „felszín alatti hősziget” intenzitása általában tavasszal volt a legmagasabb és az őszi hónapokban a legalacsonyabb, tehát a talajvíz hőmérséklete követi a léghőmérséklet változásait.

2. A mintaterületen a talajvíz minőségét elsősorban öt geokémiai háttérfolyamat alakítja, melyek közül a nehézfémek (kalkofil elemek, átmeneti fémek) feldúsulását reprezentáló folyamatok a leginkább meghatározók.

- a. A két éves talajvíz minőségi monitoring során egyértelművé vált, hogy Szeged talajvíze nagymértékben szennyezett, ugyanis a mért szervesetlen szennyezők koncentrációi a minták nagy részében meghaladták a vonatkozó szennyezettségi határértéket, gyakran kiugróan magas értékekkel. Az egyes komponensek koncentrációi nagy időbeli változatosságot mutatottak, ezért korrelációs számításokkal azt vizsgáltam, hogy van-e összefüggés a komponensek koncentráció-változása között. A korrelációs vizsgálatok során erős, pozitív korrelációs kapcsolatot tártam fel a cink, a réz és az ólom ($r = 0,62-0,84$), valamint a nikkel és a króm ($r = 0,81$) koncentrációi között. A korrelációs kapcsolatok az elemek hasonló geokémiai viselkedésével magyarázhatók. A cink, a réz és az ólom a kalkofil elemek csoportjába, míg a nikkel és a króm az átmeneti (tranzíciós) fémek közé tartozik.
- b. A főkomponens analízis eredményei megerősítik a korrelációs számítások eredményeit, mely alapján öt jellemző, a kémiai paramétereket kialakító folyamatot különítettem el. Az első főkomponens (PC1), mely a vizsgált komponensek eloszlását

kialakító háttér folyamatok közül a legmeghatározóbb, a kalkofil elemek feldúsulását képviseli. A második legerősebb háttér folyamat (PC2) az átmeneti fémek feldúsulása, mely alapján a nehézfémek feldúsulása alakítja elsősorban a talajvíz minőségét a vizsgált szerves szennyezők vonatkozásában. A további háttér folyamatok a következők: az összion-tartalom változása (PC3), a nitrogén körforgása (PC4), valamint az arzén és az ortofoszfát feldúsulása (PC5).

- c. A főkomponens-értékek térbeli eloszlása alapján az első háttér folyamat a belvárosban és a sűrűn lakott területeken dominál, a második szintén a belvárosban, illetve a város északi területein. A harmadik folyamat esetében nem határozhatók meg egyértelmű központok, mely mutatja az összion-tartalom nagymértékű változatosságát, azonban ez a folyamat is meghatározó a belvárosban.

3. A Fisher-féle kétváltozós diszkriminancia analízis alkalmas a városi talajvízkutak vízkémia szerinti csoportosítására. A módszer segítségével elkülöníthetők azok a területek, melyeknél az antropogén tevékenység a talajvíz minőségére a leginkább hat.

- a. A priori feltételezésem szerint a Szeged belső területein lévő talajvízkutak vízkémiájukat tekintve elkülönülnek a külvárosban és külterületen elhelyezkedő kutaktól. Ennek vizsgálatához Fisher-féle lineáris diszkriminancia analízist alkalmaztam, melynek segítségével térben lehatárolhatóvá váltak a talajvíz minősége alapján a megfigyelő kutak. A kétcsoportos diszkriminancia analízist a főkomponensek többváltozós térben végeztem el. Az analízis eredményeként a minták 100%-os pontossággal besorolhatóvá váltak az a priori csoportok („belváros” és „külváros”) egyikébe. Az összesen 18 mintavételi időpontra elvégeztem a besorolást, és az időpontoként váltakozó besorolású kutak részére egy harmadik „átmeneti” csoportot is elkülönítettem.

- b. Az eredményül kapott diszkriminancia függvény ($D = 0,48*PC1 + 0,25*PC2 + 0,98*PC3 + 0,96*PC4 + 1,02*PC5$) alapján a csoportok diszkriminálásában leginkább a szervesanyagok változása a meghatározó (PC3, PC4 és PC5), míg az átmeneti fémek feldúsulása (PC2) játszik a legkevésbé szerepet. A függvény segítségével a mintavételi kutakból a jövőben vételezendő minták is biztonsággal besorolhatóak a csoportok valamelyikébe.
- c. A „végeredménytérkép” alapján a talajvíz minőségét tekintve jól elkülönülnek a szennyezőanyagokkal erőteljesen terhelt kutak („belváros” csoport), a kevésbé szennyezett kutaktól („külváros” csoport). Ez azt is bizonyítja, hogy a „belváros” csoportban a szennyezések döntően antropogén eredetűek, hiszen ezeken a területeken koncentrálódik a közlekedés, a legnagyobb népsűrűség és a beépített területek aránya. A fentiek alapján a módszer hatékonyan alkalmazható bármely város talajvízkútjainak térbeli elkülönítésére vízkémiai jellemzőik alapján.

4. Városi környezetben a talajvíz járását mesterséges hatások módosítják. A természetes talajvízjárás vizsgálatához elengedhetetlen a mesterséges hatásokat jelző adatok leválasztása, melyhez optimális módszer a talajvízszint idősorok gyakorisági hisztogramjainak elemzése.

- a. A különböző hosszúságú (13,5 éves és 1,5 éves) talajvízszint idősorok részletes elemzését (normalitás vizsgálat, Tisza vízállásaival való összehasonlítás) követően kiderült, hogy mesterséges hatások miatt a kutak többségénél a talajvízjárás jelentősen módosult. A városi vízrendezések következtében a talajvízszint nem emelkedik egy bizonyos (kutanként eltérő) felszínközeli szint fölé, függetlenül a csapadék mennyiségének vagy a Tisza vízszintjének változásától. Mivel a talajvízjárást mesterséges hatások befolyásolják, a természetes folyamatok

vizsgálatához ezeket a mesterséges tényezőket jelző adatokat szükséges leválogatni a vízszint idősorokról.

- b. A leválogatáshoz az egyes talajvízszint idősorokra vonatkozó gyakorisági hisztogramokat használtam fel. A hisztogramokon vizuálisan jól elkülöníthető az a talajvízszint, mely felett már a mesterséges hatások dominálnak, ugyanis a „fő-”módusz itt válik el a „mellék-”módusz(ok)tól. A „mellék-”módusz(ok) leválasztásával eltávolíthatók a mesterséges hatásokat jelző adatok. Ezek alapján a hisztogramok vizsgálatán alapuló módszer hatékonyan alkalmazható a városi talajvízjárás természetes trendjeinek feltárásához, illetve az ehhez szükséges vizsgálatok előkészítéséhez.

5. Talajvízszint idősorok fraktál viselkedésének vizsgálatára hatékony módszer az R/S (Rescaled Range) analízis alkalmazása, mely vizsgálataim alapján jól adaptálható városi környezetben is. A módszer lehetővé teszi a városokra jellemző, gyakran eltérő tulajdonságú talajvíztestek áramlási tulajdonságainak elemzését, valamint a folyó- és talajvízszint idősorok potenciális hosszú távú memóriájának feltárását. A módszer továbbá alkalmas annak megállapítására, hogy mely területeken van a talajvíz hidrológiai kapcsolatban felszíni vízfolyással.

- a. A Tisza és a talajvíz vízszint idősorait R/S analízis segítségével vizsgáltam potenciális hosszú távú memóriájuk meghatározása céljából. Az R/S analízissel kapott Hurst exponensek (H) alapján mind a Tiszára, mind a talajvízre vonatkozóan igazoltam a perzisztens jelleget ($H > 0,5$). A perzisztencia azt jelenti a vízjárás esetén, hogy magas vízállásokat nagyobb valószínűséggel követnek magas vízállások és kisebbeket pedig nagyobb valószínűséggel kisebbek, tehát egyfajta hosszú távú memória jellemzi a vízjárást.
- b. A kapott Hurst exponensek rávilágítanak arra is, hogy az R/S analízis skálainvariáns jellege miatt alkalmas az eltérő hosszúságú és mérési intervallumú idősorok összevetésére,

ugyanis a vizsgált területen a különböző kutakhoz tartozó idősoroknál hasonló értékeket eredményezett. Az eredmények alapján az R/S analízis kiválóan adaptálható a heterogén városi környezetben, és alkalmas a városi talajvízrendszerek fraktál viselkedésének vizsgálatára.

- c. Azon kutak esetében, melyek idősoraira vonatkozó Hurst exponensek a Tiszához hasonlóak, bizonyítható a hidrológiai kapcsolat, hiszen ez alapján vízjárásuk is hasonló viselkedést mutat. A Hurst exponensek tehát jól alkalmazhatók a felszíni vízfolyások környezetében lévő kutak közül azok leválogatására, melyek talajvíze a folyóval hidrológiai kapcsolatban áll.
- d. A mintaterületre vonatkozó Hurst exponensek elemzésével megállapítottam, hogy a földtani felépítés, illetve a képződmények vízvezető képessége befolyásolja elsősorban a talajvízjárás hosszú távú memóriáját.

6. A városi talajok módosultak az antropogén tevékenység hatására, mely módosulást mutatja a talajokban a heterogén texturális felépítés, az építési törmelék és műtermék, a rapszodikusán változó szervesanyag-tartalom és szemcseméret összetétel, az ingadozó karbonáttartalom és pH, valamint a nehézfém-szennyezettség. A mintaterületen a talaj és a talajvíz nehézfém-tartalmát összehasonlítva egyértelmű kapcsolat mutatható ki, mely hasonló szennyezési forrásokra és geokémiai háttérfolyamatokra utal.

- a. A vizsgált talajszelvényeknél már a mintavételkor egyértelművé vált, hogy antropogén hatásra módosultak a talajok, melyet a számos mintában jelen lévő törmelék és műtermék, az erősen tömörödött feltalaj és a genetikai talajszintek hiánya jelzett.
- b. A laboratóriumi eredmények alátámasztották a helyszíni vizsgálatok megállapításait. A szelvényeken belüli változatos fizikai féleség, pH-érték, karbonáttartalom és szervesanyag-tartalom mind az antropogén beavatkozások hatását tükrözik. Egyedül az összes oldott só-tartalomban nem mutatkozott meg az

antropogén tevékenység (pl. utak sózása) hatása, ugyanis minden szelvényt egységesen alacsony sótartalom jellemez.

- c. A talajminták nehézfémekkel terheltek, a minták egy része szennyezett volt a nikkel, a réz, az ólom és a cink tekintetében. Az eredmények alapján kijelenthető, hogy a legszennyezettebb talajvizű kutak környezetében a talaj is szennyezett nehézfémekkel.
- d. A talaj és a talajvíz nehézfém koncentrációinak korrelációs vizsgálatával azonos következtetések szűrhetők le, mely szerint mindkét közeg minőségének kialakításában fontos szerepet játszik két rendszer. Az egyik ilyen rendszert az átmeneti fémek (Ni-Cr-(Co)) alkotják, míg a másikat a kalkofil elemek (Cu-Pb-Zn), melyek mennyisége együttesen, hasonló tendenciát követve változik a talajban és a talajvízben.

7. A laboratóriumi adszorpciós kísérletek alapján a városi talajok heterogén fizikai-kémiai tulajdonságai a nehézfém-adszorpciós képességükben is megmutatkozik. A réz jóval nagyobb mértékben adszorbeálódik a talajalkotókhoz, mint a nikkel, tehát a talajokat a $Cu > Ni$ adszorpciós affinitási sorrend jellemzi. A réz adszorpcióját elsősorban a karbonáttartalom és a pH határozza meg, míg a nikkel adszorpciója a szervesanyaghoz és az agyagtartalomhoz köthető.

- a. A laboratóriumi sztatikus egyensúlyi kísérletekkel megállapítottam, hogy a nikkel és a réz adszorpciója jól jellemezhető a Langmuir-típusú függvényvel, ugyanis a linearizált Langmuir izoterma illesztő egyenesének szórásnégyzete ($r^2 > 0,95$) alapján a Langmuir-féle közelítés jól leírja az adszorpciós kölcsönhatásokat. Az adszorpciós izotermák görbéi rapszodikus lefutásúak, mely tükrözi a városi talajok fizikai-kémiai tulajdonságainak heterogenitását. Az adszorpciós tulajdonságok változatosságát a tipikusan a városi hatásokból adódó, talajt érintő módosulások adják. Ezek a város-specifikus módosulások a következők: a természetes talajokhoz

képest lúgosabb kémhatás, magas karbonáttartalom (mely a meszes építőanyagok, törmelékek stb. eredménye), vertikálisan heterogén textúra és szervesanyag-tartalom (mely a bolygatást jelzi).

- b. A kísérletek eredményei alapján a nikkelt a magas szervesanyag- és agyagtartalmú mintákon adszorbeálódott a leginkább, míg a réz esetében tapasztalható nagyfokú adszorpciós képességért elsősorban a magas karbonáttartalom és pH-érték felelős.
- c. A két nehézfém közül az adszorpciós kapacitás értékeket tekintve a réz jóval nagyobb megkötődésre képes a talajalkotókon, mint a nikkelt, valamint a megoszlási együtthatók alapján is rendkívül nagy a réz affinitása a talaj felé. Az általam vizsgált városi talajokat tehát a $Cu > Ni$ adszorpciós affinitási sorrend jellemzi.

8. Az általam vizsgált nehézfémek (nikkelt és réz) vertikális migrációjának modellezése alapján a modelleket (és a telítetlen zónában zajló transzportfolyamatokat) elsősorban az adszorpciós tulajdonságok, a hidraulikus vezetőképesség és a talajvíz felszínhez viszonyított mélysége befolyásolják. A szimulációk eredményei alapján a mintaterületen a talajvíz veszélyeztetettsége a nikkellel szemben nagyobb, mint a réz esetében.

- a. A háromfázisú zóna vertikális nikkelt és réz transzportjának modellezésével megállapítottam, hogy a szelvények alatt a talajvíz veszélyeztetettsége a nikkelt-terhelést tekintve nagyobb, mely alátámasztja az adszorpciós vizsgálatokban tett megállapításokat.
- b. A migrációs modellek alapján a szivárgó víz nikkelt, illetve réz koncentrációját leginkább a rétegek adszorpciós kapacitása befolyásolja. Ezen kívül fontos tényező még a rétegek hidraulikus vezetőképessége, fizikai félesége, valamint a talajvízszint felszínhez viszonyított mélysége. Ez rávilágít arra, hogy az ilyen jellegű modellezés csak laboratóriumi mérések (kiemelten az adszorpciós vizsgálatok) eredményein alapulva,

komplex mérési adatok felhasználásával valósulhat meg hatékonyan.

- c. A száz évre lefutott szimulációkban az idő előrehaladtával a talajok adszorpciós hatásfoka csökken, melynek következtében a talajvízbe egyre növekvő nikkell, illetve réz koncentráció szivárog be. A nikkell esetében a talajvíz veszélyeztetett a háromfázisú zónából származó további terhelés által, ugyanis a felszínről beszivárgó víz olyan mértékben képes mobilizálni a nikkelt, hogy az már további szennyezéssel terheli a talajvizet. A réz esetében minden szelvénynél a szivárgó víz hígította a talajvizet, még a szimuláció századik évében is.

Doktori kutatásomban kimutattam, hogy Szegeden mind a talajok, mind pedig a talajvízrendszer tulajdonságai erőteljesen módosultak a város-specifikus hatások és az antropogén tevékenység következtében. Ezek a változások a talajvízrendszert tekintve leginkább a talajvízjárás módosulásában, a hőmérséklet emelkedésében, valamint a magas ösztion- és szennyezőanyag-tartalomban mutatkoznak meg. A talajok nehézfémekkel terheltek, mely hatást gyakorol a talajvíz minőségére is, ugyanakkor a talajvíz bizonyos tulajdonságain (pl. a talajvíz mélysége és szennyezettsége) keresztül visszahat a talajra.

A kutatásom során tett megállapítások rávilágítanak arra is, hogy a városi talajokban és a talajvízrendszerben (illetve közöttük) zajló környezeti folyamatok megértéséhez nem elég önmagában vizsgálni e két közeget, hanem csak komplexen, talajtani, hidrológiai, hidrogeológiai és hidrogeokémiai rendszerként.

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

Fejes, I., M. Tóth, T., Farsang, A., 2014. A Tisza és a talajvízjárás hosszútávú kapcsolatrendszere Szegeden. FÖLDTANI KÖZLÖNY 144 (3), 275–286.

Fejes, I., Farsang, A., Barta, K., 2013. Antropogén talajok sajátosságai a talajszennyezés vertikális terjedésében: a háromfázisú zóna transzportfolyamatainak modellezése városi területen. TALAJVÉDELEM különszám, 169–178.

Fejes, I., Farsang, A., M. Tóth, T., 2012. Talajvíz minőségi és mennyiségi monitoring városi környezetben, Szegeden. FÖLDRAJZI KÖZLEMÉNYEK 136 (3), 254–270.

Fejes, I., Farsang, A., Puskás, I., 2012. Potential effects of the contaminated groundwater on human health in Szeged, SE Hungary. CARPATHIAN JOURNAL OF EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCES 7 (3), 119–126. IF: 1,495 (2012)

Fejes, I., Farsang, A., 2012. Szervetlen szennyezők monitoring vizsgálata Szeged talajvizében. In: Fejes, L.U.A., Vincze-Csoma, V. (szerk.), VIII. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia. Göttinger Kiadó, Veszprém. pp. 236–241.

Fejes, I., Farsang, A., 2011. A talajvíz toxikus elemtartalmának tér- és időbeli változása városi környezetben, Szegeden. In: Galbács, Z. (szerk.), Proceedings of the 17th International Symposium on Analytical and Environmental Problems. JATEPress, Szeged. pp. 47–51.

KIVONATOK

Fejes, I., Farsang, A., M. Tóth, T., 2013. Geokémiai és hidrológiai idősorok geomatematikai értékelése Szeged talajvízrendszerében. In: Krivánné, H.Á. (szerk.), Földtudományi Vándorgyűlés és Kiállítás, Föld és környezettudományok a fenntartható gazdaság érdekében. (Veszprém, Magyarország, 2013.07.04–2013.07.06.) p. 15.

Fejes, I., Puskás, I., Farsang, A., Bartus, M., 2013. Városi funkciók hatása az urbán talajok fizikai és kémiai tulajdonságaira. In: Krivánné, H.Á. (szerk.), Földtudományi Vándorgyűlés és Kiállítás, Föld és környezettudományok a fenntartható gazdaság érdekében. (Veszprém, Magyarország, 2013.07.04–2013.07.06.) p. 71.

Fejes, I., Farsang, A., 2012. A talaj-talajvíz rendszer környezet-geokémiai értékelése Szegeden. In: Blanka, V. (szerk.), Kockázat-konfliktus-kihívás: a VI. Magyar Földrajzi Konferencia, a MERIEXWA nyitókonferencia és a Geográfus Doktoranduszok Országos Konferenciájának absztrakt kötete. (Szeged, Magyarország, 2012.09.05–2012.09.07.) p. 52.

Fejes, I., Farsang, A., Barta, K., 2012. Antropogén talajok sajátosságai a talajszennyezés vertikális terjedésében: a háromfázisú zóna transzportfolyamatainak modellezése városi területen. In: Bertóti, R.D., Dobos, E. (szerk.), Talajtani Vándorgyűlés. Az előadások és poszterek összefoglalója. (Miskolc, Magyarország, 2012.08.23–2012.08.25.) p. 43.

Fejes, I., Farsang, A., 2012. Spatial and temporal trends in groundwater quantity and quality in urban area. In: Reichart G. T. (ed.), EGU General Assembly 14. Geophysical Research Abstracts. (Wien, Austria, 2012.04.23–2012.04.27.) p. 13801.

Fejes, I., Farsang, A., 2012. Szervetlen szennyezők monitoring vizsgálata Szeged talajvizében. In: Fejes, L.U.A., Vincze-Csoma, V. (szerk.), VIII. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia. (Veszprém, Magyarország, 2012.04.18–2012.04.21.) p. 481.

Fejes, I., Farsang, A., 2011. A talajvíz toxikus elemtartalmának tér- és időbeli változása városi környezetben, Szegeden. In: Galbács, Z. (szerk.), The 17th International Symposium on Analytical and Environmental Problems. (Szeged, Magyarország, 2011.09.19.) p. 47.

Farsang, A., **Fejes, I.**, 2009. Contamination and human health risk of groundwater in Szeged. In: Nagymajtényi, Z., Papp, A. (szerk.), 11th Regional Conference on Environment and Health. (Szeged, Magyarország, 2009.05.15–2009.05.16.) p. 5.