

Talajerózió hatása a feltalaj makro- és mikroelem tartalmára

Bevezetés

„A tavak sorsa a vízgyűjtőn dől el” tézis a Velencei-tóra fokozottan érvényes. A vízgyűjtőn zajló mezőgazdasági tevékenység, a tápanyagpótlás mennyisége, a vízvédelmi, talajvédelmi szemlélet érvényesítése a talajművelés és tápanyag gazdálkodás terén a rekreációs hasznosítású Velencei-tó vízminőségének alakulásában, az eutrofizációs folyamatok lassításában jelentős szerepet játszik. A tó 602,4 km² nagyságú vízgyűjtő területe 23 – szorosa a tó vízfelületének. A vízgyűjtő egészéről becslések szerint mintegy 713 ezer t/év talajmennyiség pusztul le, melynek mintegy 20 %-a jut a vízfolyásokba ill. víztározókba. Ez kb. 143 ezer t/év mennyiséget jelent. Ebből mintegy 60 ezer tonnát visszatart a Zámolyi és Pátkai víztározó, így kb. 83 ezer t/év hordalék mennyiség kerül a Velencei-tóba (Karászi K., 1984). A kihelyezett tápanyag erózió bázisig való eljutását megkönnyíti, hogy a részvízgyűjtőkről lefolyó víz- és hordalékmennyiség szinte akadálytalanul jut el a patakokba, mivel a hetvenes években az intenzív mezőgazdasági művelés érdekében feltörték és művelésbe vonták a patakokat kísérő nedves réteket. Ezen 50-70 m széles nedves élőhelyek fizikai és kémiai csapdaként, gátként szolgáltak a lemosódó tápanyag számára. A nagyteljesítményű gépekkel művelhető, minél nagyobb méretű parcellák kialakításának érdekében (Bódis K., Dormány G. 2000) megszüntették a mezővédő erdősávokat is, melyek a lejtős parcellák esetén szintén eróziós gátat jelentettek a lemosódó talajszemcséknek, s így a talajvédelmi funkció betöltésén túl a Velencei-tó vízminőségének védelmét is szolgálták.

Jelen tanulmányban célunk, hogy a Velencei-tó szennyezésében legnagyobb szerepet játszó Vereb-Pázmándi vízfolyás egy részvízgyűjtőjén (Cibulka-patak) mintaparcellán vizsgáljuk az alábbiakat:

- A mintaparcella makro- és mikroelem eloszlását, valamint talajtani paramétereit három időpontban térképezzük,
- megvizsgáljuk az egyes talajtani paraméterek és az elemtartalom statisztikai kapcsolatrendszerét,
- egy eróziós szoftverrel (Erosion 2D/3D) adott lejtőszegmensre eróziót szimuláljunk, melynek segítségével elkülönítsük az akkumulációs és intenzíven erodálódó lejtőszakaszokat,
- az így kijelölt eróziós és akkumulációs szakaszokat összevessük a tápanyag profilokkal,
- leszűkítjük azon elemek körét, amelyek az erózió indikátoraiként leginkább alkalmazhatók

¹ SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged 6720, Egyetem u. 2.

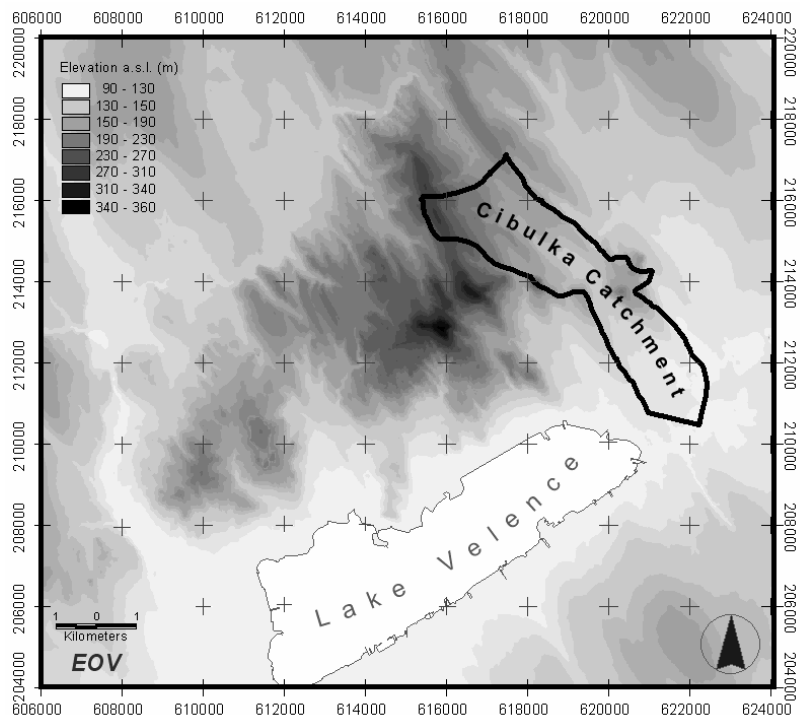
- kihelyezett üledékcsapdákban felhalmozódó üledék vizsgálati adatait felhasználva feldúsulási faktorokat számoljunk az erózióval mozgó üledék agyagtartalma, valamint a szemcséhez kötődő néhány mikroelem esetében.

Vizsgált terület

A Cibulka-patak vízgyűjtőjén *részletes, nagy méretarányú vizsgálatra egy 150 x 300 m-es parcellát jelöltünk ki*. A parcella *kitettsége* ÉK-i, *lejtőszöge* átlagosan 4°-os, 1° és 6° között változik. A területre jellemző csapadékmennyiség 550-600 mm, melynek 50-55 %-a a nyári félévben hull (Marosi, Somogyi, 1990) gyakran igen heves zivatarok formájában. A parcella *genetikus talajtípusa* löszön kialakult erdőmaradványos csernozjom talaj, mely az átlagosan ill. a gyengén erodált eróziós fokozatba sorolható. A talaj *termőréteg vastagsága* a 150 cm-t meghaladja. A feltalaj kémhatása gyengén lúgos, a pH 7,21 – 8,5 közötti. A területen az eróziót befolyásoló egyik legfontosabb tényező, a *növényborítottság* a vizsgált időszakban átlagosan 35 %-os volt. A mintaparcella helyének kijelölésében döntő szempont volt, hogy a vízgyűjtő lejtőire jellemző területhasználatú legyen: a parcellán nagyüzemi szőlőtermesztés folyik.

A Cibulka-patak vízgyűjtőjén az utóbbi 20 évben jellemző területhasználati változások között elsődleges szerepet játszott a szántó területek átalakítása szőlő művelésű területté. A Hungarovin szőlészet (Pázmánd) által az Agromark Termelőszövetkezettől (Pázmánd) nyolcvanas évek végén, kilencvenes évek elején több lépcsőben felvásárolt területeken telepített szőlők művelése nagyüzemi keretek között folyik.

A területhasználat-változáson belül a szőlő arányának növekedése többek között a felszínborítottság változáson keresztül is hatással van a talajerózió mértékére, és a lemosódó tápanyag mennyiségének alakulására. A vízgyűjtő 14 különböző parcelláján áprilistól októberig tartó felszínborítottsági méréseink azt mutatják, hogy a vizsgált 7. számú mintaparcella - és általában a szőlő művelésű területek - felszínborítottsága az éves átlagot tekintve alacsonyabb más használatú területrészekhez képest (1. táblázat). Ezen felszínborítottsági mérésorozatunk értékeit használtuk az Erosion 2D/3D talajeróziós szoftver adott mintaterületre történő kalibrálásához is.



1. ábra A Velencei-hegység és a vizsgált vízgyűjtő elhelyezkedése és domborzati viszonyai

Az egyes parcellákon termesztett növények	Növény borítottság mértéke (%-ban)				
	Április	Május	Június	Augusztus	Október
1. parlag	53	62	98	99	100
2. őszi búza	46.6	98	100	89.6 (tarló)	100 (tarló)
3. őszi búza	88	100	100	2 (szántott)	65 (cukorrépa)
4. őszi búza	65.6	100	100	96 (tarló)	100 (tarló)
5. őszi búza	65.6	100	100	56.3	25
6. szőlő	51	51,3	55.6	47	100
7. szőlő	41	35,6	52.6	59	49.3
8. kukorica	-	24,6	74,6	100	100
9. kukorica	-	14,6	46,3	100	100
10. lucerna	-	98	99	100	100
11. kukorica	-	16	63,6	100	100
12. zab	-	78	98	22,6(tarló)	58,6
13.szőlő	16	16,3	22	51	50
14. kukorica	-	15,3	40,3	100	100

1. táblázat A vízgyűjtőre jellemző területhasználat típusok növényborítottsága 2001. április - 2001. október között

Mintavétel, vizsgálati módszerek

A kijelölt parcella részletes mintázása és a minták laboratóriumi elemzése négy ütemben zajlott: 2001-ben két időpontban (május, június), és 2003. májusában feltalaj tápanyag tartalmát vizsgáltuk. A kijelölt parcellán a mintavételi pontok 25x25 m-es négyzetrács rácspontjaiban helyezkednek el. A mintavételi pontok helyét teodolittal kitűztük, hogy az ismételt mintázás pontos legyen. A mintavétel átlagminták képzésével a talaj felső 10 cm-ből történt. 2004. márciusában két lejtőszegmens esetében mintegy 300 m hosszan 25 m-enként üledékcsapdákat helyeztünk el, melynek célja a lemosódott üledék, valamint az üledékgyűjtő környezetében gyűjtött talajminták (feltalaj átlagminta) makro- és mikroelem tartalmának és fizikai összetételének összehasonlítása, un. Feldúsulási faktor számolása. A vizsgálatba vont talajtulajdonságok, ill. tápelemek az alábbiak: pH(KCl), K_A (Arany-féle kötöttségi index), $CaCO_3$, humusztartalom (%), növény által felvehető makro- és mikro tápanyag (NO_2 - NO_3 -N, P_2O_5 , K_2O , Na, Mg, Ca, Mn, Zn, Cu, Fe, Mo, B, Al, As, Cd, Co, Cr, Hg, Ni, Pb) tartalom. A tápanyag tartalom vizsgálata a növények által felvehető hányadra vonatkozott, a mérés a makroelemek esetében ammónium-laktát ecetsavas oldatával, a mikroelemek esetében Lakanen Erviö feltárással ICP Thermo Jarell Ash ICAP 61E készülékkel történt (Búzás, 1988). A feldúsulási faktor vizsgálatához összes elemtartalmat határoztunk meg királyvizes feltárással és Perkin Elmer 3010-es AAS készülékkel.

A talajveszteség, ill. akkumulációs szakaszok lejtő menti változásának meghatározásához egy Németországban kifejlesztett talajeróziót becselő modellt, az Erosion 2D-t használtuk (Schmidt, 1996).

A modell három részmodellből tevődik össze: lejtésviszonyokat bemutató részmodell, infiltrációs részmodell, talajlehordás/felhalmozódás részmodell. A lejtőprofil a vízválasztótól a völgytalpig meghatározható az első részmodellben úgy, hogy a szimuláció során a modell figyelembe vegye a kisebb felszíni formákat és a lineáris elemeket (útbevágások, árkok stb.). Az eróziós folyamatok leírásánál a modell két fontos részfolyamatot különböztet meg. Az egyik a felszínen lévő talajszemcsék elmozdításának, a másik az elmozdított szemcsék elszállításának törvényszerűségeit foglalja magába.

A modell a lejtővel párhuzamosan szimulál egy csapadékesemény során bekövetkező talajlehordást (Michael, 2000). A *modell paraméter igénye* a hasonló modellekhez képest alacsonyabb, ezáltal viszont érzékenyebb is az egyes bemeneti adatok pontosságára. A bemeneti adatokat három részre oszthatjuk: domborzati viszonyokat meghatározó adatok (lejtőalap hossza, lejtő magassága), a feltalaj állapotára vonatkozó mérési adatok (térfogattömeg, szerves szén mennyisége, erodibilitás, felszíni érdesség, talajnedvesség, növényborítottság), a csapadék intenzitását, illetve időbeli lefutását jellemző adatok. A fenti domborzati- és talajparaméterek adott lejtőszegmensre történő mérését ill. mintavételét 2003 májusában végeztük el. Az említett 25 méterenkénti rácspontok mindegyikére megtörtént a szemcseösszetétel, a fizikai féleség, valamint a humusztartalom meghatározása. A

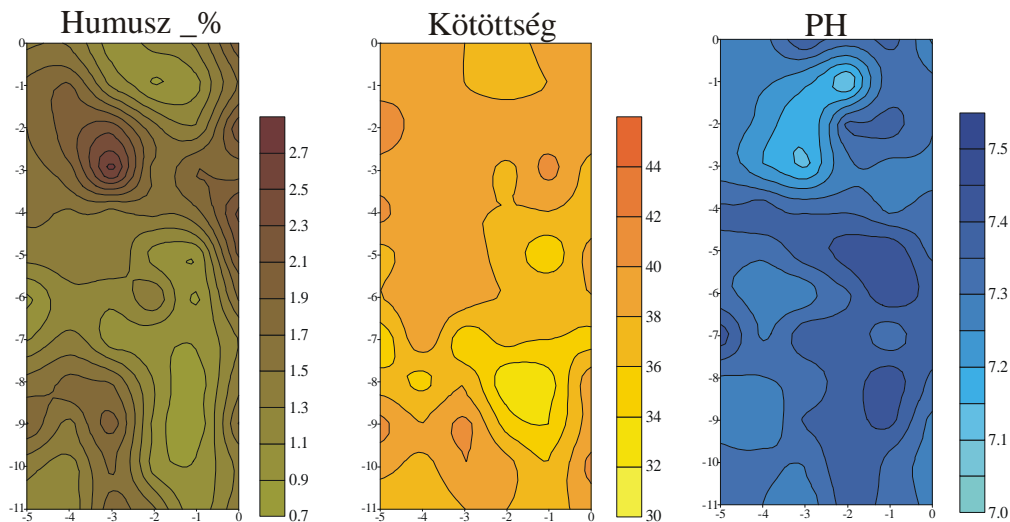
modellt egy 2001. májusi csapadékeseményre (időtartam: 1 óra, intenzitás: 19,3 mm/óra) futtattuk. Az adatokat a területen lévő meteorológiai állomás csapadékmérője szolgáltatta.

Eredmények

A feltalaj növény által felvehető tápanyag tartalmának tér- és időbeli alakulása.

A mintaparcella talaja *fizikai minőség szerint* a homokos vályog, vályog kategóriába sorolható, az Arany-féle kötöttségi index 32-41 között változik (2.ábra). A vizsgált mintaparcella egészét tápanyagellátottsági szempontból vizsgálva - a területi különbségektől eltekintve - a jelenlegi tápanyagpótlási gyakorlatnak megfelelően közepesnek ill. gyengének tekinthető. A növény által felvehető N tartalom megítéléséhez használt szervesanyag tartalom a területrészen 0,8% és 2,8% között változik. A P és K tartalom bizonyos térrészeken (ÉNy-i szegélyen) az átlag mintavételi eljárás ellenére nagyon magas értékeket vesz fel (P_2O_5 : 350-400 ppm, K_2O : 250-300 ppm), s ez minden vizsgálati időpontban jellemző. Az átlagos makroelem tartalom P tekintetében 70-100 ppm, K tekintetében pedig 100-150 ppm között változik (4-5.ábra). Fenti térrészen mért kiugró értékek jellemzők néhány mikroelem tekintetében is, mint pl. a Zn, Cd, Co, Ni. A talaj szántott rétegének felvehető elemtartalmának megítéléséhez javasolt ideiglenes határértéket (B érték) (Kádár, 1998) egyik mikroelem sem éri el, egyedül a Cu esetében haladja meg néhány pontban az „A” értéket, azaz a szennyezettségi háttér koncentrációt (10 ppm) a minták felvehető elemhányada.

A feltalaj makro- és mikroelem koncentrációjának *térbeli elrendeződése* a két közeli mérési időpontban (2001. május, június) az egyes elemek esetében hasonlóan alakul. A főbb akkumulációs zónák jól elkülöníthetők. A domináns térbeli változási tendenciákat figyelve két elemcsoport bontakozik ki. Hasonló térbeli mintázatot mutat a P, K, Pb, Zn, Ni, Pb, Cd, Co térbeli eloszlása (4-5.ábra). A térbeli mintázatok hasonlóságát illetően nem sorolhatók a fenti csoportba (más területrészeken nő ill. csökken a koncentráció) a N, Ca, Na, Al, Fe, Cu, Mg. Az első elemcsoportba tartozó fémek térbeli eloszlása szoros kapcsolatot mutat a humusztartalom és a talaj fizikai paramétereinek (kötöttség) térbeli alakulásával.



2. ábra A mintaparcella talajának humusztartalma, kötöttsége és kémhatása

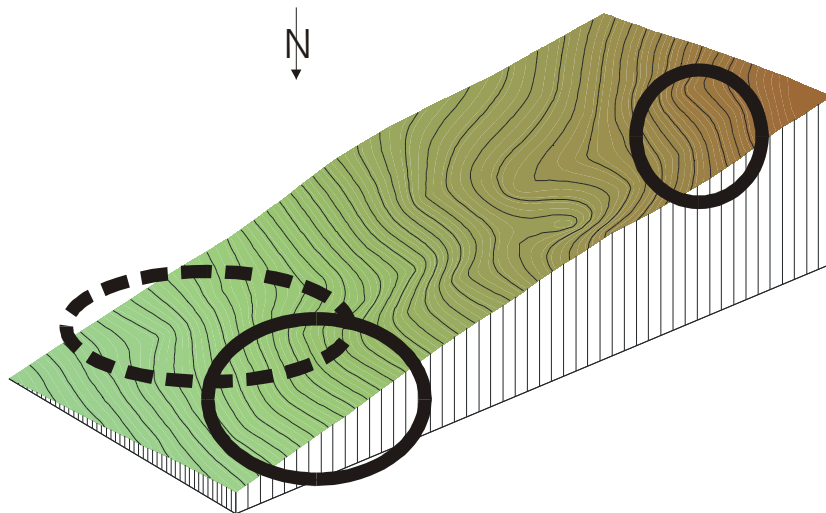
A makro-és mikroelemek, mint az erózió indikátorai

A terület szőlőtelepítése előtt (1990) a mintaparcella egészére vonatkozóan egyenletes tápanyag feltöltés történt, de a tápanyagtartalom az elmúlt 10 évben jelentősen átrendeződött. A vizsgált elemek tekintetében, azok kémiai tulajdonságaitól függően *más-más átrendeződési tendenciák* tapasztalhatók. Azon elemek, melyek elsősorban talajszemcséhez kötötten vagy a szervesanyaghoz kapcsolódva találhatók meg a talajban (pl. P, K, Pb, Cd, Ni, Zn) a térbeli elrendeződésükben is a feltalaj kötöttségének és humusztartalmának változási tendenciáit követték. Mivel a talajszemcsék és a szervesanyagban leggazdagabb feltalaj lejtő irányú mozgását a mikrodomborzat változása meghatározza, ezért ezen elemek térbeli elrendeződési tendenciáiban a domborzattal való hasonlóság fedezhető fel. Ezen korrelációs kapcsolatok alakulását szemlélteti a 2. táblázat is, melyben megfigyelhető, hogy a fenti elemek koncentrációja szignifikáns pozitív korrelációt mutatnak elsősorban a talaj szervesanyag tartalmával (r^2 : 0,626-0,808), s a kötöttséggel. A vizsgált elemek másik csoportja a tápanyag kihelyezést követően nem kötődik meg a feltalajban, hanem jelentős hányada oldott formában a szelvény mentén horizontálisan elmozdul (pl. N, Ca). A talaj kémhatásával valamennyi vizsgált elem koncentrációja negatív korrelációt mutat, melynek oka, hogy adott kémhatás tartományban a pH csökkenés a felvehető elemhányad növekedését vonja maga után.

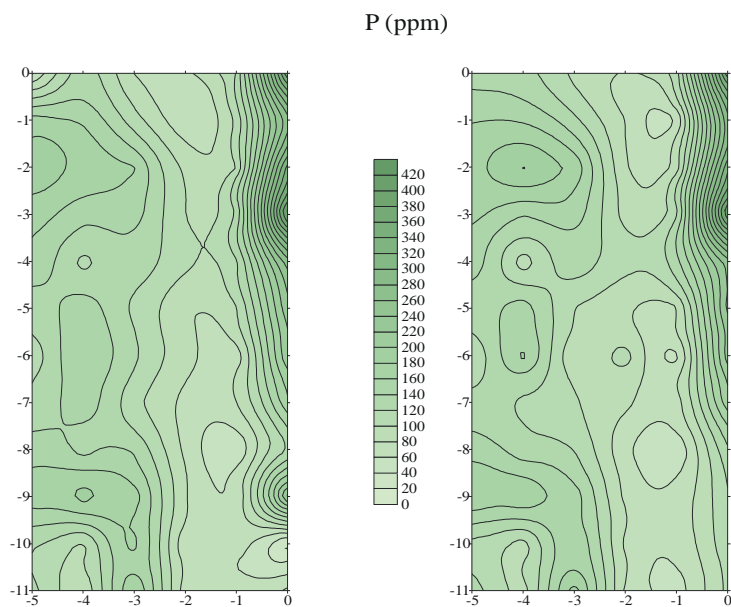
	pH	Clay content	Corg	P	K	Cd	Ni	Pb	Co	Al	Cu	Zn	N
pH	1,00	-,396	-,491	-,263	-,334	-,396	-,477	-,431	-,441	-,502	-,120	-,299	-,201
Clay content	-	1,000	,533	,280	,382	,371	,326	,353	,071	,148	-,055	,279	,254
Corg	-	-	1,000	,631	,808	,739	,803	,626	,489	,426	-,061	,571	,377
P	-	-	-	1,00	,742	,649	,570	,733	,237	,066	-,279	,537	,375
K	-	-	-	-	1,00	,614	,703	,582	,415	,344	-,005	,635	,585
Cd	-	-	-	-	-	1,00	,667	,701	,356	,303	-,160	,516	,262
Ni	-	-	-	-	-	-	1,00	,550	,667	,580	-,175	,410	,273
Pb	-	-	-	-	-	-	-	1,00	,339	,188	-,253	,508	,310
Co	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	,800	,184	,274	,192
Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	,334	,149	,137
Cu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	,247	,224
Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	,656
N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,000

2.táblázat A talajparaméterek és a növény által felvehető makro- és mikroelem tartalom kapcsolatrendszerének korrelációs mátrixa

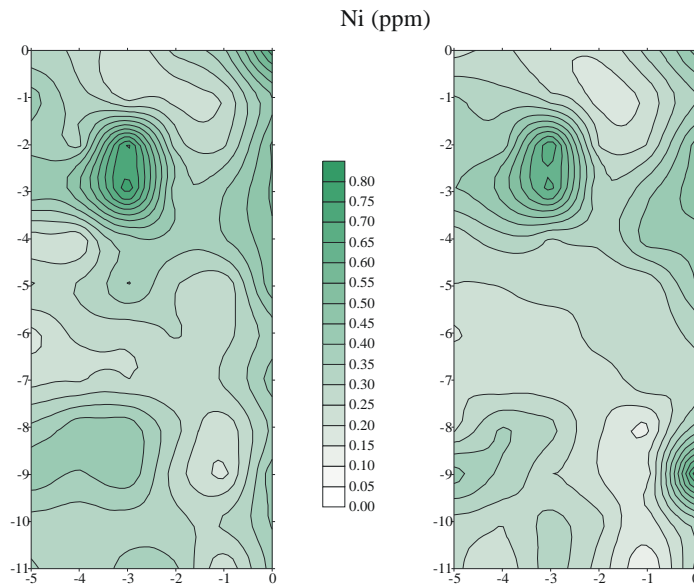
Az átrendeződés, a tápanyagtartalom helyenkénti csökkenése ill. növekedése a parcella *mikrodomborzatához*, egy völgykezdemény képződéséhez kapcsolható. A terepi megfigyelések (szelvény csonkolódási megfigyelések) által bejelölt (3. ábra), és a részletes domborzati felvételezés által igazolt meredekebb, erózió veszélyesebb területrészek (itt már a löszös talajképző kőzetig lecsonkolódott talajszelvények is megfigyelhetők), valamint az ellaposodó, akkumulációra alkalmas területrészeket egyes elemek térbeli eloszlása jól kirajzolja (4-5. ábra). Jól megfigyelhető ez mind a makro-tápanyagtartalom (P, K), mind pedig a mikroelemek tekintetében (Zn, Cd, Ni, Pb). A talaj fizikai minőségének, humusztartalmának, valamint makro- és mikroelem tartalmának térbeli változását a mikrodomborzat fejlődésén kívül még egy összetevő, a rendszeres talajművelés jellemző lejtő menti irányultsága befolyásolta.



3. ábra A mintaparcella (150-300) domborzata az erózióveszélyes (folyamatos vonal) és az akkumulációs helyek (szaggatott vonal) bejelölésével (terepi megfigyelés, szintvonalköz: 0.5 m)

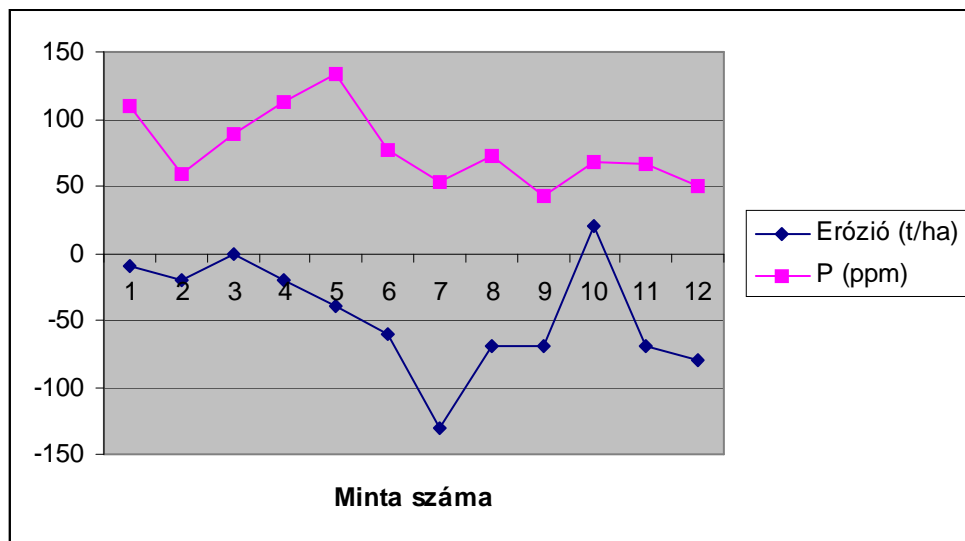


4. ábra A felvehető P tartalom tér- és időbeli alakulása (2001 május, június)

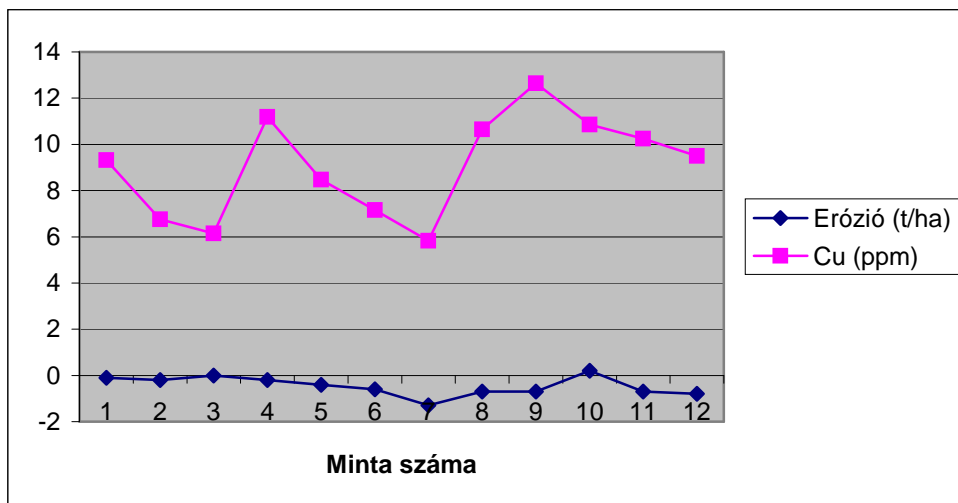


5. ábra A felvehető Ni tartalom tér- és időbeli változása (2001 május, június)

A mintaparcella egy adott lejtőszegmensére futtattuk az Erosion 2D modellt azon célból, hogy a vizsgált lejtőszakaszon azon térrészeket kijelölje amelyek erózió veszélyesek (a görbe negatív tartományba esik, talajelhordódás jellemző), s mely részeken akkumulálódhat az elhordott talaj (görbe pozitív tartományba csap át). A modell két térrészt jelölt ki, melyeken az anyagforgalom pozitív (lejtő indulásától 70-80 m, és 210-220 m távolságra), s egy szakaszon (a lejtő indulásától mintegy 160 m távolságra) erőteljes eróziót (kb. 1 t/ha) prognosztizál. A kijelölt lejtő felett erdő található, melynek 100 %-os felszín borítottsága következtében sem a talajszemcsék, sem a tápanyag tekintetében jelentős inputot nem jelent. Az eróziós modell eredményét párhuzamba állítottuk az adott lejtőszegmens tápanyag profiljával, hogy meggyőződjünk arról, hogy az általunk az erózió indikátoraként alkalmasnak tartott fémek valóban jelzik-e ezen modellel kirajzolt tendenciákat (6-7. ábrák). Vizsgálatunk szerint a makroelemek közül leginkább a P és a K, a mikroelemek közül pedig a Cu lejtő menti eloszlása mutat egyezést az eróziós modell által kalkuláltakkal.

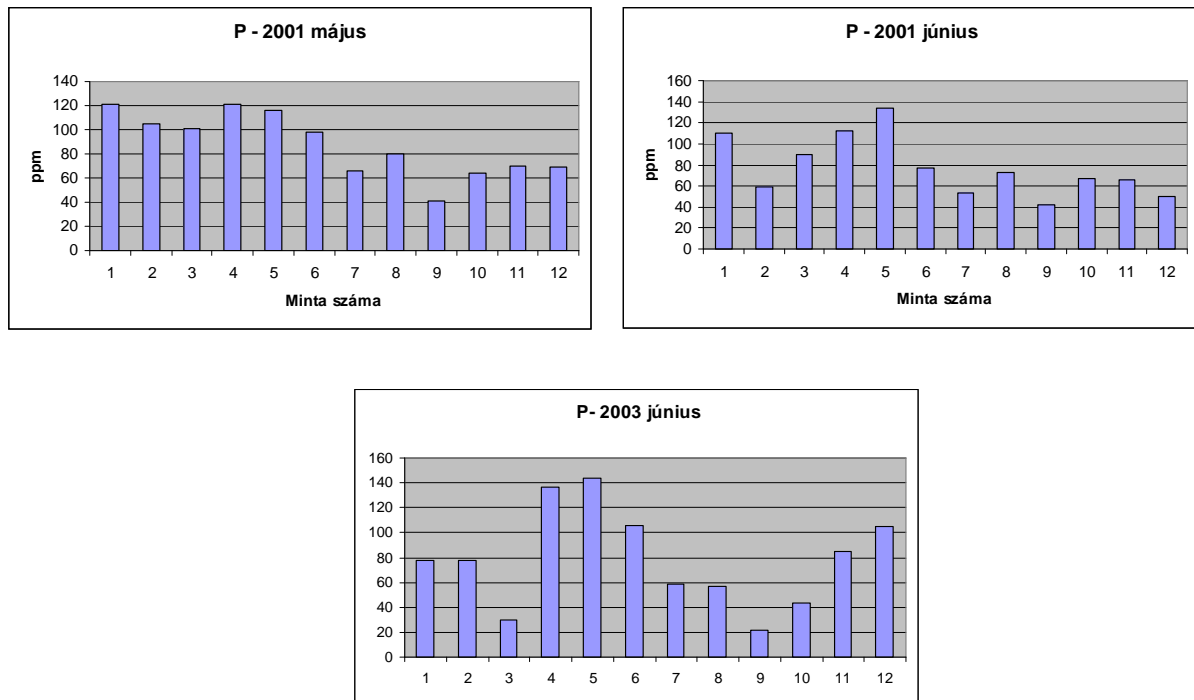


6. ábra A feltalaj P tartalmának és az eróziós-akkumulációs szakaszok lejtő menti változása (az egyes mintavételi helyek távolsága 25 m) (A talajerózió mértékét jelző értékek a jobb láthatóság érdekében 10-es szorzóval szerepelnek.)



7. ábra A feltalaj Cu tartalmának és az eróziós-akkumulációs szakaszok lejtő menti változás (az egyes mintavételi helyek távolsága 25 m)

Az egyes lejtőszegmensek tápanyagprofiljának időbeli változását (2001. május – 2003. június) vizsgálva megállapítható, hogy a 13 évvel ezelőtti egyenletes tápanyag feltöltést követően (további tápanyagpótlás nem történt a területen) beindult a feltalaj tápanyag tartalmának térbeli differenciációja. Azon fémek esetében, melyek nehezen mennek oldatba (pl. P), s szelvény mentén horizontális elmozdulásuk nem jellemző, ez elsősorban szemcséhez kötötten a talajerózióval történő elmozdulást jelenti. A vizsgált három mintavételi időpont egymás utáni diagramjait vizsgálva a P tartalom esetében (8. ábra) azt mutatja, hogy a kezdeti, még egyenletesebb lejtő menti tápanyag eloszlás az idő múlásával differenciálódik, a lejtő korábban már megfigyelt erózió veszélyesebb szakaszain csökken, az akkumulációs zónában pedig nő a tápanyagtartalom. A mesterségesen beállított egyenletes tápanyagfeltöltést követően a felszíni folyamatok következtében kirajzolódik az adott lejtőre jellemző egyensúlyi állapot, melyet elsősorban a lejtőprofil, s a talajerózióra ható egyéb tényezők befolyásolnak.



8. ábra A feltalaj növény által felvehető P tartalmának időbeli alakulása lejtő mentén 2001. május és 2003. június között

Az erózióval mozgó makro-és mikroelemek viselkedésének további feltárásához üledékcsapdákat helyeztünk el a vizsgált parcella két, mintegy 300 m hosszú lejtőszegmensén 25 m-enként (Boy et al., 2002.). Ezekből a lemosódó üledéket, ill. az üledékcsapda környéki feltalajt (0-5 cm) havi gyakorisággal gyűjtöttük. A homogenizált átlagmintákból leiszapolható-rész elemzést, valamint összes elemtartalom vizsgálatot végeztünk. Az erózióval mozgó üledékben dúsuló

agyagfrakció és elemtartalom meghatározására feldúsulási faktorokat (FF) (Duttmann, 1999.) számoltunk az alábbiak szerint:

$$FF_{\text{elem}} = \text{Elemkonc.}_{\text{szedim.}} / \text{Elemkonc.}_{\text{talaj}}$$

$$FF_{\text{agyag}} = \text{Agyagtart.}_{\text{szedim.}} / \text{Agyagtart.}_{\text{talaj}}$$

Az eddigi mérési eredményeink alapján megállapítható, hogy az adott talajtípus és lejtőviszonyok mellett az erózióval mozgatott üledékben a helyben található talajtípushoz képest csupán átlagosan FF=1,08-szoros agyagfeldúsulás jellemző. A mikroelemek közül a leginkább a Ni (FF=1,4), Zn (FF=1,27) és a Cu (FF=1,24) dúsul az erózióval mozgó üledékben. Az Pb (FF=0,98) esetében az üledékcsapdák anyagában alacsonyabb koncentrációban van jelen, mint a környező feltalajban.

Összegzés

Vizsgálatunk célja a Velencei-tó részvízgyűjtőjén kijelölt mintaparcellán megvizsgálni, hogy a makro- és mikrotápanyagok *közül melyek alkalmasak az erózió jelzésére*, annak indikátoraként való alkalmazására. Ennek érdekében

- A mintaparcella makro- és mikroelem eloszlását két időpontban térképeztük.
- Megvizsgáltuk az egyes talajtani paraméterek és az elemtartalom statisztikai kapcsolatrendszerét, s megállapítottuk, hogy azon elemek, amelyek a talaj kötöttségi értékszámával és szervesanyag tartalmával szignifikáns korrelációt mutatnak (pl. P, K, Pb, Cd, Ni), a térbeli elrendeződésükben is a feltalaj kötöttségének és humusz tartalmának változási tendenciáit követték.
- Az Erosion 2D szofverrel adott lejtőszegmensre eróziót szimuláltunk, melynek segítségével két akkumulációs és egy intenzíven erodálódó lejtőszakaszt különítettünk el. Az így kijelölt eróziós és akkumulációs szakaszokat összevetettük a tápanyagprofilokkal.
- Leszűkítettük azon elemek körét, amelyek az erózió indikátoraiként leginkább alkalmazhatók: vizsgálatunk szerint a makroelemek közül leginkább a P és a K, a mikroelemek közül pedig a Cu, Zn, Ni lejtő menti eloszlása mutat egyezést az eróziós modell által kalkuláltakkal.
- A lejtőprofilok tápanyag profiljának 2001. május és 2003. június közti időbeli változását vizsgálva megállapítottuk, hogy ezen indikátor elemek térbeli differenciációja időben is nyomon követhető, s segítségükkel kirajzolható a vizsgált lejtőszakasz kialakulóban levő egyensúlyi profilja.
- Kihelyezett üledékcsapdák anyagának elemzésével megállapítottuk, hogy az adott talajtípus és lejtőviszonyok mellett az erózióval mozgatott üledékben a helyben található talajtípushoz képest csupán átlagosan FF=1,08-szoros agyagfeldúsulás jellemző. A mikroelemek közül a leginkább a Ni (FF=1,4), Zn (FF=1,27) és a Cu (FF=1,24) dúsul az erózióval mozgó üledékben. Az Pb (FF=0,98) esetében az üledékcsapdák anyagában alacsonyabb koncentrációban van jelen, mint a környező feltalajban.

Irodalom

- Bódis K., Dormány G. (2000): Land use changes of three decades in the Velence Mountains, Hungary
Acta Geographica Szegediensis, Tomus XXXVII., pp.11-19.
- S.Boy-M.C.Ramos (2002.): Metal enrichment factors in runoff and their relation to rainfall characteristics in a mediterranean vineyard soil
SUMASS 2002. Murcia, Proseedings Volume II., pp.423-424.
- Búzás I. (szerk.) (1988): Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2.
Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1988. P. 243.
- Déri J. (1986): A vízgyűjtőterületi növényítakaró-változás hatásai a tápanyagok kimosódására
Hidrológiai Közlöny 66. Évf. 6. Szám pp. 323-328.
- Debreczeni B., Debreceni B.né (1983): A tápanyag és a vízellátás kapcsolata Mezőgazdasági Kiadó
Budapest, pp. 138-159.
- Duttmann R. (1999): Partikulare Stoffverlagerungen in Landschaften
Geosyntesis 10 p.233.
- Heathwaite L, Sharpley A., Bechmann M. (2003): The conceptual basis for a decision support framework to assess the risk of phosphorus loss at the field scale across Europe
J. Plant Nutr. Soil Csi. 2003 august., pp. 447-458.
- Isringhausen S. (1997): GIS-gestützte Prognose und Bilanzierung von Feinboden und Nährstoffaustragen in einem Teileinzugsgebiet der oberen Lamme in Südniedersachsen Diplomarbeit, Universität Hannover, pp. 34-42.
- Kádár I. (1998): Kármentesítési kézikönyv II. : A szennyezett talajok vizsgálatáról Környezetvédelmi Minisztérium 1998. p.151.
- Karászi K. (1984): A Velencei-tó rekreációja
Vízügyi Műszaki Gazdasági Tájékoztató, Budapest, 1984. P.145.
- Kerényi, A., Szabó, Gy. (1997): The role of morphology in enviromental pollution Zeitschrift für Geomorphologie 1997 Aug. Bd. 110. pp. 197-206.
- Marosi S. – Somogyi S. (szerk.) (1990): Magyarország kistájainak katasztere II. MTA FKI, Budapest pp. 684-699.
- Michael, A. (2000): Anwendung des physikalisch begründeten Erosionsprognosemodells Erosion 2D/3D- empirische Ansätze zur Ableitung der Modellparameter, Ph.D dolgozat, Universität Freiberg
- Schmidt, J. (1996): Entwicklung und Anwendung eines physikalisch begründeten Simulationsmodells für die Erosion geneigter landwirtschaftlicher Nutzflächen, Berliner Geogr. Abhandlung

A kutatás mérései az OM által támogatott FKFP 0203/2001. nyilvántartási számú és az OTKA F 37552 ny. sz. kutatási programok támogatásával készültek.