

Dr. Pásztor László¹ – Dr. Szabó József² – Dr. Bakacsi Zsófia³

Az archív adatoktól a digitális funkcionális talajtérképekig

Összefoglaló

A talajokról rendelkezésre álló, illetve megkívánt tudást különböző feldolgozottsági szinteken jelenít(het)ik meg a (digitális) talajtérképek: elsődleges vagy származtatott adatokra alapozva, illetve a talajok funkcióinak, esetleg a talajokkal kapcsolatos (gyakorta degradációs) folyamatok regionalizálásával. A digitális talajtérképezés legfontosabb termékei éppen azon funkcionális talajtérképek, amelyek térképi alapú talajtani és egyéb környezeti információk integrálásával, az adatok tematikus származtatásával és térbeli kiterjesztése révén, térinformatikai környezetben, térbeli modellezés keretében születnek. A dinamikus térbeli talajinformációs rendszerek nem egyszerűen az alapjukat adó térképezés információinak digitális verziói, hanem értéknövelten, konzisztens módon fogják össze az archív adatokat egy olyan téradat rendszerbe foglalva, amely megteremti az eredeti információ anyag mind pontosabb és részletesebb feldolgozását és kiaknázását, valamint a továbbfejlesztés, a pontosítás és megbízhatóság növelésének számos lehetőségét. Ezen reambulációs munkálatok végtermékei a mintaterületek elsődleges és a terepen történt, másodlagos reambulációjának eredményei alapján szerkesztett, a talajtakaró egyes talajtulajdonságainak aktuális állapotát a rendelkezésre álló adatok alapján leghűebben tükröző digitális talajtérképek, melyeket a relatív területi megbízhatóság feltüntetésével kiegészítve szerkesztünk. Az aktuális talajállapot leírásán túl azonban mód nyílik a talajtulajdonságokban bekövetkezett változások detektálására, a talaj jellemzőkben vagy -funkciókban mutatkozó trendek megállapítására; degradációs folyamatok tettenérésére, esetleg előrejelzésére. A talajszelvényekben meghatározott változások, folyamatok pedig regionalizálhatók, melyek digitális, funkcionális talajtérképek formájában jeleníthetők meg.

1. Bevezetés

1.1. A talajokra vonatkozó adatok iránti igény

A talajokra vonatkozó információigény az utóbbi évtizedekben erőteljesen megnövekedett (MERMUT, A. R. – ESWARAN, H. 2000; CEC 2002) és messze nem csupán az agrárium részéről. A kezdeti áttekintő, sematikus talajtérképek, majd a szisztematikus talajfelvételezéseken alapuló térképezések mind a talajokra vonatkozó információkkal kapcsolatos társadalmi igények és kívánalmak kielégítésére születtek. Az információval szembeni aktuális elvárás, hogy az digitálisan és minél szélesebb körben legyen hozzáférhető, ennek köszönhetően vették át a legfőbb talajtani információhordozó szerepét a talajtani adatbázisok és térbeli talajinformációs rendszerek (TTIR; BURROUGH, P. A. 2005; LAGACHERIE, P. – MCBRATNEY, A. B. 2005), illetve ezek internetes (térkép)szervereken keresztül szolgáltatott változatai (ROSSITER, D. G. 2004). A TTIR-ek általában klasszikus talajtani információkon alapulnak, azaz talajtérképek (és talajszelvény adatok) digitális feldolgozásán. Számos talajtani adatbázis szervesen beépül földhasználati és vidékfejlesztési

¹ Dr. Pásztor László MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest E-mail: pasztor@rissac.hu

² Dr. Szabó József MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest E-mail: james@rissac.hu

³ Dr. Bakacsi Zsófia MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest E-mail: zsofi@rissac.hu

(THWAITES 1999), agrár-környezeti programokba (BAYLIS, K. et al. 2004), alkalmazást nyer a környezeti modellezésben (HUBRECHTS, L. et al. 1998), környezeti erőforrás felmérésben (FAO 1976) vagy akár kockázatbecslésben (LIM, K. J. – ENGEL, B. A. 2003).

1.2. A talajokra vonatkozó adatok típusai

A talajokra vonatkozó adatoknak és az ezeken alapuló, ezek regionalizálását és megjelenítését szolgáló talajtérképeknek három szintjét különböztetjük meg (DOBOS, E. et al. 2005).

Elsődlegesnek tekintjük a terepen, illetve a laboratóriumban gyűjtött, meghatározott, mért adatokat, valamint az ezeken alapuló klasszifikáció eredményeként adódó osztálybasorolást. Az elsődleges talajtulajdonságokat bemutató talajtérképek (ETT) az elsődleges talajadatok specifikus térbeli kiterjesztése révén születnek. Ennek jellegzetes terméke a hagyományos talajtérkép, melynek lényege, hogy a térképezendő területet olyan diszjunkt egységekre bontja, amelyeken belül a talaj adott talajtulajdonság(csoport) szerinti változékonysága kisebb, mint a teljes területre vonatkozóan (BECKETT, T. – WEBSTER, R. 1971). A talajfoltok használata mögötti modell szerint a térképezett talajtulajdonság(csoport) egy folton belül homogén, azaz azonosan jellemzi a terület minden egyes pontját, és csak a határok mentén ugrik; a talajfoltok mintegy rétegzik a variációt. A térbeli kiterjesztésnek vannak a hagyományosnál pontosabb becslést nyújtó, korszerű, matematikailag megalapozott eljárásokon alapuló módszerei, a klasszikus megközelítésnek mindazonáltal továbbra is tág a mozgástere, a felhasználók többsége számára ugyanis ez nyújtja a legkönnyebben interpretálható eredményeket (LEENHARDT, D. et al. 1994).

Másodlagos talajtani információk a mért/megfigyelt elsődleges adatok tematikus származtatása alapján állnak elő ún. pedotranszfer függvények és/vagy környezeti modellek alkalmazása révén. A másodlagos talajtulajdonságokat bemutató talajtérképek (MTT), az elsődlegesekhez hasonlóan, a pontszerű alapadatok térbeli kiterjesztésével születnek.

A talajtani adatok közül a legmagasabb szintet a talajfunkciókra, illetve folyamatokra vonatkozó információk képviselik. Funkcionális talajtérképeknek (FTT) tekintjük a talajfunkciókat és/vagy folyamatokat bemutató „talajtérképeket”, melyek a talaj egyes funkcióival, illetve (leginkább degradációs) folyamataival kapcsolatos talaj jellemzők regionalizálása révén állnak elő. Ezen talajtulajdonságok regionalizálása specifikus környezeti modellek alkalmazásának formájában történik elsődleges és/vagy másodlagos talajtérképek, illetve egyéb ún. környezeti segédváltozókra vonatkozó térbeli információk integrációja és térbeli elemzése révén.

1.3. “Kompromisszum”

A korábban gyűjtött, térképezések, felvételezések által szolgáltatott és aktuálisan rendelkezésre álló, illetve a felhasználók által specifikusan megkívánt információk nem mindig fedik egymást. Az adatgyűjtés, felvételezés, térképezés célja, az annak alapján elvégzett munka, illetve az ezek eredményeképpen született adatok direkt módon nem feltétlenül alkalmazhatók egy adott, talajtani információkat igénylő problémakör kapcsán. Ennek egyik oka, hogy a hagyományos talajtérképezések során a felvételezés legfőbb szempontjai általában mezőgazdasági jellegűek voltak (HUBRECHTS, L. et al. 1998), mivel hosszú időn keresztül a talaj biomassza termeléssel kapcsolatos funkciói voltak fontosak. Napjainkban azonban egyre inkább felértékelődnek a talajoknak a környezet minőségével kapcsolatos funkciói, a társadalom és a fenntartható fejlődés egyaránt a talaj

multifunkcionalitására épít (VÁRALLYAY GY. 2001). Az igények és az adottságok közti ellentét feloldására újabb adatfelvételezések híján az elméleti talajtantól várhatók megfelelő megoldások. Egyik lehetőség feladatspecifikus pedotranszfer függvények kidolgozása, melyek bevezetésével és kalibrációjával jelentős előretörés várható a rendelkezésre álló talajtani információk sokrétű felhasználásában (WÖSTEN, J. H. M. et al. 1998). Szintén fontos szerephez jutnak az egyes környezeti paraméterekre vonatkozó térképi alapú, digitális ismeretek, melyek egyrészt jelentősen kisebb költséggel szerezhetők be, másrészt a digitális talajtérképezés eszközeivel felhasználhatók a talajok bizonyos tulajdonságainak becslő meghatározására (DOBOS, E. et al. 2000; MCKENZIE, N. – GALLANT, J. 2005). A digitális talajtérképezés a kvantitatív talajtérképezésben elért új eredményeket ötvözi a hagyományos talajfelvételezési tudással és integrálja térinformatikai környezetben (LAGACHERIE, P. 2006). Alapfeltevése szerint – a dokucsájevi és Jenny-féle koncepció általánosításával – a talajtulajdonságok megfelelő pontossággal becsülhetők az adott helyen ismert egyéb környezeti változók segítségével, melyet kiegészít a további talajtulajdonságokra, illetve a helyre vonatkozó információ.

2. Anyag és módszer

A Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése (VTT) kapcsán alföldi mintaterületeken, jellemzően a kialakítandó (vész)tározók területére vonatkozóan a döntéshozók az aktuális talajállapot, a terület agráralkalmassági, illetve degradációs folyamatai szempontjából történő komplex jellemzését igényelték. Ennek kielégítésére az MTA TAKI az elmúlt években, az aktuális talajállapot leírására, és a talajállapot-változás detektálására alkalmas kísérleti módszertant fejlesztett ki és tesztelt is többek között a Beregben és a Bodrogsíkban. A módszertan térbeli és időbeli adatgyűjtésen alapul, ami archív talajfelvételezési adatok feldolgozását, adatbázisba szervezését, téradat infrastruktúra illesztését, ennek alapján tervezett aktuális felvételezést és ezek integrációját jelenti.

Az aktuális talajállapot leírását új felvételezés teszi lehetővé, amelyet azonban sokkal hatékonyabbá és gazdaságosabban kivitelezhetővé tesz megfelelő archív adatok alapján történő tervezése, illetve az azokkal való feladatspecifikus integrációja. A talajban lezajló talajfejlődési és degradációs folyamatok értékelésénél pedig eleve elengedhetetlen a korábbi állapot(ok) ismerete, amelyhez mérten a változások értékelhetők. A vizsgált területre vonatkozóan általában nem rendelkezünk olyan monitoring hálózattal, amely elég kiterjedt és működtetése a talajtani szempontból értékelhető változásokkal összemérhető idejű lenne. Ilyen esetben megfelelő megoldást jelent, ha kiindulási állapotként egy korábbi időszakból származó térképezés adataira támaszkodhatunk.

2.1. Referencia talajállapot

Kistáji, kistérségi szintű értékelés esetén a Kreybig-féle Átnézetes Talajismereti Térképezés digitális feldolgozásán alapuló Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer (DKTIR; SZABÓ J. et al. 2005) nyújthat támogatást. Hazai viszonylatban a DKTIR kialakításának bizonyos szempontból kitüntetett szerep jut, mivel ez a térbelileg legrészletesebb és még országosan elkészült térképi alapú talajtani adatrendszer, melynek adatgazdája az MTA TAKI. Az eredeti, Kreybig-féle adatok szimpla térinformatikai feldolgozásával az 1930–1950-es évek talajállapotáról nyerhetünk információt a termőterület nagyságára, a beépítés és egyéb földhasználatok mértékére, illetve a talajszelvények adatain

keresztül a talajrétegek legfontosabb fizikai és kémiai tulajdonságaira és azok térbeli kiterjedésére vonatkozóan (továbbiakban: Kreybig1K adatok).

2.2. Aktuális talajállapot

Az aktuális talajállapot meghatározása egyrészt az agroökológiai egységek (talajföldhasználati foltok) aktualizált elhatárolását jelenti, amelyet a helyszíni bejárás és terepi felvételezés adataira, valamint digitális talajtérképezési eljárások révén a terület nagyfelbontású domborzati modelljére, távérzékelési adataira, illetve egyéb tematikus adatbázisokra (pl. CLC-50) támaszkodva hajtunk végre (PÁSZTOR, L. et al. 2006). Az így elkülönített talajfoltokhoz az archív térkép szerkesztője által meghatározott és általa a talajfolthoz rendelt reprezentatív talajszelvény eredeti felvételi helyszíneinek felkeresését és ezen helyszínek verifikálását végezzük el terepi munkálataink során. Ennek eredményeként a talajnak a felvételezés időpontjában érvényes állapotáról szerzünk információt (továbbiakban: Kreybig2K adatok). A múltbéli és az aktuális talajtani leírás összevetésével megerősítjük a felkeresett felvételi helyszínt, mint aktuális helyszínt státuszát, illetve eltérő talajtani leírás alapján értelmezzük a talajtani folyamatok következtében beálló változásokat. Az archív és az aktuális helyszíni és laboratóriumi vizsgálatok adatainak adatbázisba rendezése és összekapcsolása, illetve a vizsgált talajszelvény adatainak az aktuálisan elhatárolt (tematikusan pontosított) agroökológiai egységekre történő térbeli kiterjesztése nyújt lehetőséget a talajállapot változások azonosítására.

A Kreybig2K adatok gyűjtésénél nem a terület újbóli általános térképezése a kitűzött cél. A mintavétel-tervezés stratégiájának irányvonalát a szerkesztendő funkcionális térképek paraméterei (kiterjedés, tematika, pontosság), illetve a finansziális korlátok kompromisszuma jelöli ki. A felkeresendő talajszelvényeket a funkcionális szempontból (pl. mezőgazdasági alkalmasság vagy degradációs folyamatok értékelése) való relevanciájuk és területi reprezentativitásuk maximalizálása alapján jelöljük ki.

2.3. Példa: Bodrogek

A bodroeki TTIR a nyers DKTIR mintaterületi részállományának (Kreybig1K), illetve a 2003 és 2006 között több időpontban végzett új felvételezések (Kreybig2K) adataiból épül fel. Az aktuális felvételezés során a Kreybig1K reprezentatív helyszíneit kerestük fel, feltártuk a helyszínt, elvégeztük a talajszelvény helyszíni vizsgálatát, új talajfelvételi jegyzőkönyvben rögzítettük a talajszelvény környezetének és a talaj rétegeinek leírását. Digitális fényképfelvételeket készítettünk a környezetről, illetve a talajszelvényről, a kiegészítő feltárásokról valamint az egyéb talajjellemzőkről. Elvégeztük a talajrétegek bolygatott és bolygatatlan mintázását a Kreybig1K rétegzettségének megfelelően, valamint a kapcsolódó laboratóriumi vizsgálatokat. 43 felvételi helyszínt és 35 laboratóriumi vizsgálati adatsort eredményeire alapozva meghatároztuk a bodroeki mintaterület jellemző talajszelvényeinek fizikai-kémiai-biológiai talajtulajdonságait és genetikai talajtípusát. A klasszikus talajfelvételezést kiegészítendő talajszennyezettség felvételezést (10 jellemző helyszínen), talajbiológiai felvételezést (50 helyszínen) és talajhidrológiai méréseket (4 jellemző helyszínen) is végeztünk.

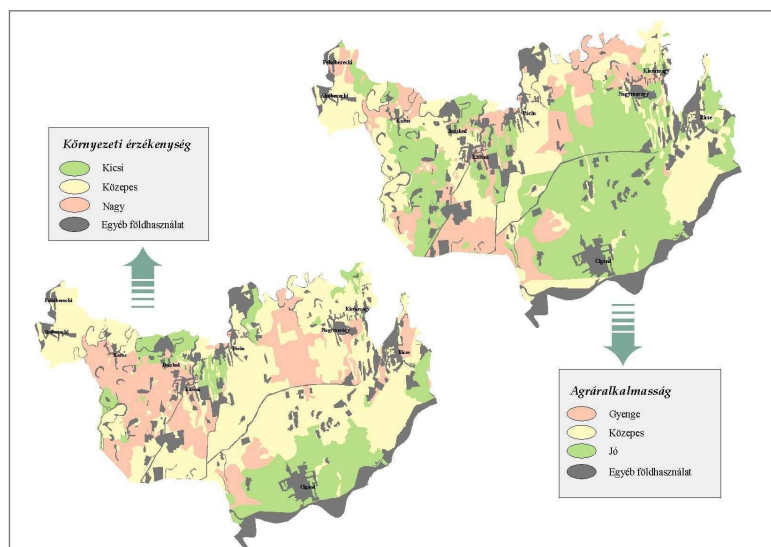
Az eltérő időpontú helyszíni talajfelvételezések leíró adatainak kezelését úgymint a talajszelvények egészére, illetve a vizsgált rétegekre vonatkozó helyszíni vizsgálati adatokat, a talajrétegekhez tartozó laboratóriumi vizsgálatok eredményeit, valamint az aktuális felvételezés terepi fotódokumentációját egy adatbázis szerver végzi, melynek segítségével

virtuálisan egységesített térinformatikai környezetben valósul meg a terepi megfigyelések, a laboratóriumi vizsgálatok adatainak kezelése, valamint a térségi szintű tervezést biztosító talajtérképi adatbázis és a tájékozódást segítő térképi alapú adatbázisok (topográfiai térképek, légifelvételek stb.), illetve egyéb kiegészítő ismeretek (helyszíni fényképfelvételek, táblázatok, grafikonok) kezelése és megfelelő korlátok közötti szolgáltatása.

3. Eredmények, diszkusszió

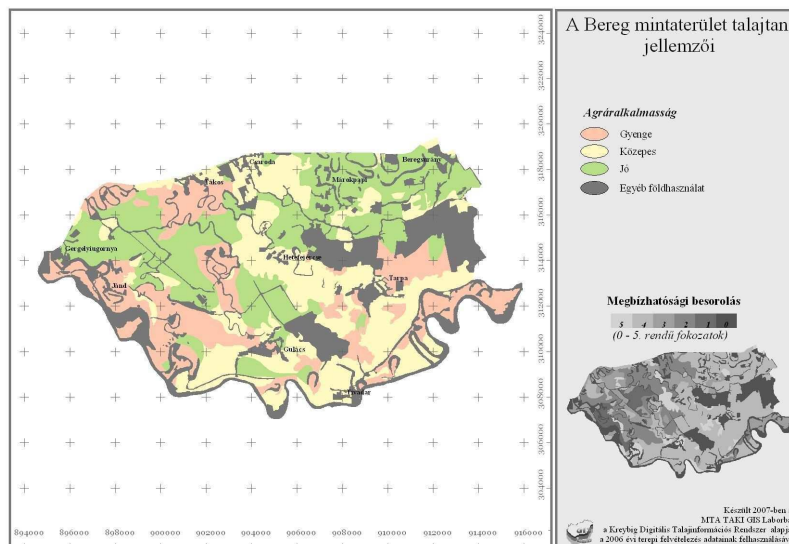
A talajok állapotában beálló változás(ok) azonosítása során igen körültekintően kell eljárni a referencia és az aktuális adatok összehasonlításánál, mivel a két összevetendő adatsor módszertanilag nem azonos felvételezésből származik, illetve egyes laboratóriumi elemzési módszerek időközben megváltoztak. Ez utóbbit is figyelembe véve a kémhatás és mészállapot változás (talajsavanyodás), valamint a sóprofilban történt változások (szikesedés) megbízhatóan nyomon követhetőek.

Az értékelés során először valamennyi Kreybig1K, illetve Kreybig2K adatot összesítve vettük figyelembe, hogy kirajzolódjanak az esetleges változási folyamatok főbb irányai. A területen zajló változások részletesebb leírása, illetve számszerűsítése azon pontpárok összehasonlító elemzésétől várható, melyek esetében a jelenlegi és a korábbi felvételezési helyszínének, illetve területi reprezentativitásának azonossága feltételezhető. Ezen pontpárokat egy szigorú előszűrést követően választottuk ki, melynek révén a lehető legkisebbre csökkentettük annak valószínűségét, hogy az adatokban mutatkozó eltérést mintavételezési hibára lenne visszavezethető. Így nyílt lehetőség a kémhatás-mészállapotban és a sótartalomban bekövetkezett változások degradációs szempontból történő értékelésére. A 43 új felvételezési pontból 36-hoz található korábbi felvételezésből származó laboratóriumi mérési adat, az előszűrést követően 17 pontpárt választottunk ki, ezek kerültek páronként összehasonlításra. Ennek eredményeként állapítottuk meg a területen nyomon követhető általános változási folyamatokat, melyeket két szempontból értékeltünk. Az egyik az adott terület mezőgazdasági alkalmassága, a másik pedig a káros talajtani folyamatok általi meghatározottságú környezeti érzékenysége. A talajszelvényekre vonatkozó adatok foltokra való kiterjesztésével lehetőség adódik az állapotjellemzőkre és indikátorokra, valamint a folyamatokra vonatkozó területi statisztikák készítésére, illetve térbeli elterjedésük térképi ábrázolására (1. ábra).



1. ábra. A bodrogközi mintaterület funkcionális értékelése

A talajfoltokra vonatkoztatott, a térbeli és tematikus pontosítás, finomítás, aktualizálás különböző szintjein rendelkezésre álló információk térbeli megbízhatóságának becslésére indikátorfüggvényt vezetünk be. Döntően egy foltban egy szelvény feltárást végeztünk. A néhány kivétel annak meghatározására irányult, hogy a pontokra vonatkozó adatok továbbvitele mennyire megalapozott, a többszörös mintavétel mennyire igazolja az adott folt homogenitását, pontosabban a folton belüli talajheterogenitás mértéke olyan korlátok között marad-e, ami nem teszi szükségessé az adott folt bontását. Ilyenkor a többszörös, aktuális felvételezésből meghatározott értékek átlagaival jellemeztük a foltokat a szórás csökkentése miatt (1. rendű megbízhatóság).



2. ábra. A beregi mintaterület-példa funkcionális talajtérképe a relatív területi megbízhatóság feltüntetésével

Azon talajfoltokat, amelyekben (egyszeres) mintavételezés történt az új felvételezés során, ezen új adatokkal jellemeztük (2. rendű megbízhatóság). Azon foltok, amelyeket az eredeti felvételezés során olyan talajszelvényekkel reprezentáltak, amelyet egy olyan foltban vettek fel, melyben új mintavételezés történt az új felvételezés során, szintén ezen új adatokkal jellemeztük, a talajtulajdonságok átvitelének szabálya alapján (3. rendű megbízhatóság). Azon foltok, amelyeket az eredeti felvételezés során olyan talajszelvényekkel reprezentáltak, melyre vonatkozóan új mintavételezés nem történt az új felvételezés során, az eredeti adatokkal jellemeztük (4. rendű megbízhatóság). Ezen foltok között azonban előfordult esetenként, hogy bizonyos talajparaméterre vonatkozóan hiányos az adatbázis (az eredeti felvételezés adatainak hiányosságai miatt). Ezen térképi objektumok esetében térbeli statisztikai eszközökkel próbáltunk becslést adni az adott talajtulajdonságra vonatkozóan. A többi pont alapján, melyekben az adott talajtulajdonságra vonatkozóan rendelkezünk adattal (ezek között a régi és az új felvételezés talajmintavételi helyeit együttesen használtuk), (univerzális) krigelési eljárással interpoláltunk a teljes területre vonatkozóan. Majd a hiányos paraméterű foltokra kiátlagoltuk az általa lefedett területre vonatkozó interpolált adatokból a hozzárendelendő értéket. Ezen foltok 5. rendű megbízhatóságú besorolást kaptak az adott talajtulajdonságot bemutató tematikus térkép megbízhatóságára vonatkozóan (2. ábra).

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet mondunk kollégáinknak: Dombos Miklósnak, Krammer Zitának, Koós Sándornak, Laborczi Annamáriának, László Péternek, Matus Juditnak. Munkánkat a K60896 és NK73183 sz. OTKA pályázatok támogatják.

Irodalom

- BAYLIS, K. – RAUSSER, G. – SIMON, L. (2004) Agri-environmental Programs in the United States and European Union – In: Giovanni Anania et. al. (ed.) Agricultural policy reform and the WTO: where are we heading? Edward Elgar Publishing, Cheltenham, U.K.
- BECKETT, P. H. T. – WEBSTER, R. (1971) Soil variability : a review. *Soils and fertilizers*, 34, pp. 1–15.
- BURROUGH, P.A. (2005) Steps in the Representation of Digital Soil Information: 1976–2004. DSM 2004 Montpellier 13–17 September 2004, Elsevier
- DOBOS, E. – MICHÉLI, E. – BAUMGARDNER, M. F. – BIEHL, L. – HELT, T. (2000) Use of combined DEM and satellite radiometric data for regional soil mapping. *Geoderma*, 97, pp. 367–391.
- DOBOS, E. – CARRÉ, F. – HENGL, T. – REUTER, H. I. – TÓTH, G. (2005) Digital soil mapping as a support to production of functional maps. European Commission
- HUBRECHTS L. – VANDER POORTEN, K. – VANCLOOSTER, M. – DECKERS, J. (1998) From Soil Survey to quantitative land evaluation in Belgium. European Soil Bureau. Res. Report No. 4, pp. 91–100.
- LAGACHERIE, P. – MCBRATNEY, A. B. (2005) Spatial Soil Information Systems and Spatial Soil Inference Systems: perspectives for digital soil mapping. DSM 2004 Montpellier 13–17 September 2004, Elsevier
- LAGACHERIE, P. (2006) Digital Soil Mapping: A state of the art – Opening Keynote – In: Mendonça-Santos, M. L. – McBratney, A. B. (Eds.) Proc. of the 2nd Global Workshop On Digital Soil Mapping, Embrapa, CD-ROM
- LEENHARDT, D. – VOLTZ, M. – BORNAND, M. – WEBSTER, R. (1994) Evaluating soil maps for prediction of soil water properties. *European Journal of Soil Science*, 45(3) pp. 293–301.
- LIM, K. J. – ENGEL, B. A. (2003) Extension and enhancement of national agricultural pesticide risk analysis (NAPRA) WWW decision support system to include nutrients. *Computers and Electronics in Agriculture*, 38, pp. 227–236.
- MERMUT, A. R. – ESWARAN, H. (2000) Some major developments in soil science since the mid-1960s. *Geoderma*, 100, pp. 403–426.
- MCKENZIE, N. – GALLANT, J. (2005) Digital soil mapping with improved environmental predictors and models of pedogenesis. DSM 2004 Montpellier 13–17 September 2004, Elsevier
- PÁSZTOR, L. – SZABÓ, J. – BAKACSI, ZS. – LÁSZLÓ, P. – DOMBOS, M. (2006) Large-scale soil maps improved by digital soil mapping and GIS-based soil status assessment, *Agrokémia és Talajtan*, 55, pp. 79–88.
- ROSSITER, D. G. (2004) Digital soil resource inventories: status and prospects. *Soil Use & Management* 20(3) pp. 296–301.
- SZABÓ J. – PÁSZTOR L. – BAKACSI ZS. (2005) Egy országos, átnézetes, térbeli talajinformációs rendszer kiépítésének igénye, lehetősége és lépései, *Agrokémia és Talajtan*, 54, pp. 41–58.
- THWAITES, R. (1999) Soil maps-simple information tools or complex decision aids? *Australian Association of Natural Resource Management*, Volume 2, Number 1
- VÁRALLYAY GY. (2001) A talaj vízgazdálkodása és a környezet. *Magyar Tudomány*. XLVI. (7) pp. 799–815.
- WÖSTEN, J. H. M. – LILLY, A. – NEMES, A. – LE BAS, C. (1998) Using existing soil data to derive hydraulic parameters for simulation models in environmental studies and in land use planning. DLO Winand Staring Centre, Report 157, Wageningen, the Netherlands
- CEC (2002) Towards a Thematic Strategy for Soil Protect. Brussels, COM (2002) 179 Final
- FAO (1976) A framework for land evaluation. *FAO Soils Bulletin* 32, Rome