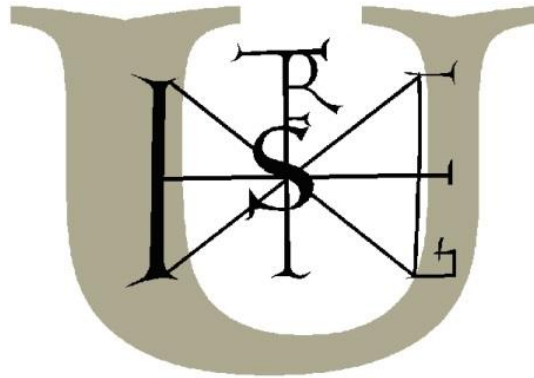


Szent István Egyetem
Környezettudományi Doktori Iskola



A hazai talajvédelmet és a nemzetközi megfeleltetést
szolgáló adatrendszer fejlesztése

Doktori (Ph.D.) értekezés

Láng Vince

Gödöllő

2013

A doktori iskola megnevezése:	Környezettudományi
tudományága:	Talajtan, agrokémia, környezeti kémia
vezetője:	Csákiné Dr. Michéli Erika egyetemi tanár Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Környezettudományi Intézet Talajtani és Agrokémiai Tanszék
témavezető:	Csákiné Dr. Michéli Erika egyetemi tanár Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Környezettudományi Intézet Talajtani és Agrokémiai Tanszék

.....
Az iskolavezető jóváhagyása	A témavezető jóváhagyása

„The future of soil science depends on how well we manage smoother and stable scientific progress. Soil science must retain its identity while demonstrating its value to other sciences; it must contribute to but not be skewed by accomplishments in related sciences.

The challenge for soil science is to remain relevant, produce results that are meaningful not just to scientists but to the public, and continue to push new frontiers in the field.

The future hinges on how we meet this continuing challenge...

...We have to be transparent to questions like:

Who we are?

Why is the science relevant?

In what direction are we going and how do we determine that?

How does the public benefit?”

Hari Eswaran
The Future of Soil Science (2006)

TARTALOM

1. Bevezetés, célkitűzések	9
2. Irodalmi áttekintés	11
2.1. Európai Unió Talajvédelmi Stratégia és INSPIRE direktíva	12
2.2. Jelentős nemzetközi talajadat harmonizációs programok, törekvések	13
2.2.1. Európai Közösség Közös Kutatóközpont (JRC).....	13
2.2.2. e-SOTER projekt.....	13
2.2.3. GSSoil	13
2.2.4. Nemzetközi Talajtani Unió Universal Soil Classification munkacsoport	13
2.2.5. GlobalSoilMap.net projekt	14
2.3. Nemzetközi harmonizált talajszelvény adatbázisok	14
2.3.1. Nemzetközi és hazai talajtani adatbázisok felépítése és adatellenőrzési folyamatai	16
2.3.2. Minőségellenőrzési módszerek.....	20
2.4. Hazai archív talajadatok és talajadat-harmonizálási törekvések	21
2.4.1. Kreybig-féle térképek és a Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer (DKTIR)	22
2.4.2. Géczy-féle térképek.....	23
2.4.3. Nagyméretarányú üzemi térképezés	23
2.4.4. Agrotopográfiai térképek.....	24
2.4.5. Magyarország genetikus talajtérképe	24
2.4.6. Agrokémiai Információs és Irányítási Rendszer (AIIR).....	24
2.4.7. Az aranykorona rendszerű földminősítés talajszelvény adatai	24
2.4.8. Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer (TIM).....	25
2.4.9. Magyarországi Részletes Talajfizikai és Hidrológiai Adatbázis (MARTHA)	25
2.5. Genetikus és diagnosztikus szemléletű talajosztályozás	26
2.5.1. A magyar genetikai és talajföldrajzi osztályozási rendszer	27
2.5.2. A megújítás alatt álló magyar osztályozási rendszer	27
2.5.3. Hazai osztályozásunk diagnosztikus megújításának kronológiai áttekintése	28
2.6. Talajadat konvertálása nemzetközi platformra	30
2.6.1. FAO Útmutató a talajok leírásához	30
2.6.2. A Világ Talaj Referenciabázis.....	31
2.6.3. Nemzeti talajosztályozási rendszerek korrelálása a WRB-vel.....	32
3. Felhasznált anyagok	35
3.1. A magyar genetikai és talajföldrajzi osztályozási rendszer	35
3.2. A megújítás alatt álló magyar osztályozási rendszer	35
3.3. Világ Talaj Referenciabázis (WRB)	35
3.4. FAO Útmutató a talajok leírásához	35
3.5. Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer (TIM)	35
3.6. Világ Talajainak Emisszió-potenciál Nyilvántartása (WISE)	36
3.7. Az Amerikai Egyesült Államok Talajvédelmi szolgálatának pontadatbázisa (NASIS) (USDA-NRCS NASIS point database)	36
3.8. Python programnyelv (3.x verzió)	36
3.9. Microsoft Office Access	37
4. Alkalmazott módszerek	39

4.1. Archív adatok minősítése, szűrése és modern adatbázis struktúrába konvertálása	39
4.1.1. Minőségellenőrzési módszerek	39
4.1.2. Leíró adatok harmonizálásának módszere	39
4.1.3. Laboratóriumi adatok harmonizálásának módszere	39
4.1.4. Talajosztályozásra vonatkozó adatok korrelálásának módszere	40
4.1.4.1. A hazai barna erdőtalajok WRB referencia csoportokkal való korrelálásának folyamata taxonómiai távolságszámítás módszerével	41
4.1.4.1.1. Konceptió alapú módszer	41
4.1.4.1.2. Centroid alapú módszer	44
4.1.4.1.3. Taxonómiai távolság számítása	44
4.1.4.2. A hazai talajtípusok korrelálása a javasolt hazai osztályozás típusaira	45
4.2. Modern adatstruktúra modell létrehozása.....	45
4.3. A javasolt hazai osztályozási rendszer alacsonyabb szintjeinek fejlesztése, számszerűsítéséhez alkalmazott statisztikai módszerek	45
4.3.1. Silhouette analízis	45
4.3.2. Főkomponens analízis	46
4.3.3. k-közép klaszterezés	46
4.3.4. Felhasznált adatok	46
4.4. Talajterképek létrehozása modern terepi felvételezési módszerek és tematikus talajterképek használatával.....	47
5. Eredmények és értékelésük.....	49
5.1. Archív adatok minősítése, szűrése és modern adatbázis struktúrába rendezése.....	49
5.1.1. Minőségellenőrzés	49
5.1.2. Leíró adatok harmonizálása	52
5.1.3. Laboratóriumi adatok harmonizálása	59
5.1.4. Talajosztályozásra vonatkozó adatok korrelálása és konvertálása	59
5.1.4.1. Az archív adatok konvertálása a javasolt magyar osztályozás típusaira	59
5.1.4.2. A hazai osztályozás egységeinek taxonómiai távolság alapú korrelálása WRB referencia csoportokra	65
5.1.4.2.1. Konceptió alapú módszer	65
5.1.4.2.2. Centroid alapú módszer	66
5.1.4.2.3. Számított taxonómiai távolságok	67
5.1.4.2.4. Eredmények értékelése	70
5.1.5. A javasolt hazai osztályozás egyes egységeinek taxonómiai távolság alapú korrelálása WRB referencia csoportokra	71
5.2. Modern adatstruktúra modell létrehozása.....	74
5.2.1. A morfológiai adatok rögzítése	74
5.2.2. A terepi leíró adatokat és a laboratóriumi adatokat tartalmazó adattáblák összekapcsolása	76
5.2.3. A laboratóriumi adatok harmonizálása a nemzetközi módszerek alapján	79
5.2.4. A végleges adatstruktúra modell	80
5.3. A javasolt hazai osztályozási rendszer alacsonyabb szintjeinek fejlesztése, számszerűsítése. 82	82
5.3.1. Rétegek mint független változók	82
5.3.1.1. Agyagbemosódásos talajok vizsgálata redox tulajdonságok megjelenése alapján	83
5.3.1.2. Agyagbemosódásos talajok vizsgálata homoktartalom alapján	85
5.3.1.3. Agyagbemosódásos talajok vizsgálata pH alapján	87
5.3.2. Polinomiális görbék alkalmazása az osztályozás alacsonyabb szintjeinek fejlesztéséhez	88
5.3.3. Klaszterezés harmadfokú polinomok segítségével	91
5.3.3.1. Agyagbemosódásos talajok vizsgálata durva vázrészek mennyisége alapján	93
5.3.3.2. Agyagbemosódásos talajok vizsgálata kalcium-karbonát mennyisége alapján	94

5.5 Talajterképek létrehozására modern terepi felvételezési módszerek és tematikus talajterképek használatával.....	97
5.5.1. Osztályozás a Global Soil Map specifikáció alapján taxonómiai távolság számítással.....	97
5.5.2. Osztályozás a Global Soil Map specifikáció alapján random forest módszerrel	98
6. Új tudományos eredmények.....	101
7. Következtések és javaslatok.....	103
8. Összefoglalás.....	105
9. Summary.....	107
10. Köszönetnyilvánítás.....	108
Melléletek.....	109
M1. Irodalomjegyzék	109
M2. NASIS adatbázis vizsgálati eredmények	121

1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉSEK

A klímaváltozás, a népességnövekedés nehezen előrejelezhető terheket ró mind a bolygóra, mind a lakosságra. A fenntartható fejlődésnek, a modern talajkímélő technológiák, a környezetben bekövetkező negatív változások időbeni előrejelzése lehet a kulcsa. Ezekhez elengedhetetlen, hogy környezetünkről, a rendelkezésre álló információt összegyűjtsük, rendszerezzük, majd ezeket sikeresen alkalmazzuk a tervezésben, gyakorlatban. A talajra vonatkozó információ jelentős szerephez kell, hogy jusson ezekben a munkákban. Várhatóan azonban az információ nagy része nem új felvételezésből fog származni, annak költség és időigénye miatt. Az adatigény kielégítésére az archív adatokban lévő potenciált kell kihasználni és azokat kell összegyűjteni, harmonizálni. A nemzetközi trendek, Európai uniós direktívák és harmonizálási projektek, mint az INSPIRE direktíva (Európa Tanács, 2007), az eSOTER EU FP7-s program (eSOTER, 2008a,b), a GSSoil eContentplus program (Feiden, 2012), a Nemzetközi Talajtani Unió „Universal Soil Classification System” munkacsoportjának megalakulása, mind ezt célozzák kielégíteni. A fent említett projektek mindegyike magyar részvétellel, közreműködéssel kerültek kivitelezésre.

E trendeknek megfelelően elengedhetetlen az ország archív adatállományának összegyűjtése, harmonizálása, rendszerbe foglalása, annak érdekében, hogy az Európai Uniós igényeket, napjaink technológiai igényeit, társtudományokat, és természetesen a hazai talajtani kutatást szolgáljuk, azokat megfelelő adatokkal lássuk el.

Hazánkban jelenleg még kifejlesztésre vár egy olyan adatstruktúra modell, mely képes a több forrásból származó általános talajadatokat egy rendszerben tárolni és azokat a nyilvánosság számára elérhetővé tenni. Ennek létrehozása mindenképpen fontos lenne, hogy a kisebb műhelyekben tárolt, talajvédelmi tervekben szereplő adatokat és a nagy, állami támogatással létrejött adatbázisokat, talajinformációs rendszereket egy a szakma, a döntéshozók, és az állampolgárok számára elérhető és érthető rendszerben harmonizált módon tároljuk és interpretáljuk.

Doktori tanulmányaim alatt lehetőségem volt tanulmányozni a hazai, több nemzeti és nemzetközi talajosztályozási rendszert. Megismerkedtem az azokat támogató alappillérekkel, az azokra épülő adatbázisokkal. Több esetben ezeket egy nemzetközi platformra megfeleltetve, így megismerve azok korlátozó tulajdonságait. Különböző módszereket használtam illetve fejlesztettem a harmonizálás megkönnyítésére, automatizálhatóságára. Ezek mellett a különböző adatstruktúrák előnyeit illetve hátrányait is megismertem. Azok nemzetközi szintű felhasználásának, illetve egy nemzetközi platformra történő harmonizálásának korlátait is tanulmányozva. Többek között bekapcsolódtam a fent megnevezett eSOTER projektbe, illetve a

Nemzetközi Talajtani Unió „Universal Soil Classification System” munkacsoportjának munkájába is.

A korábban doktori munkatervemben megjelöltek és a megszerzett tapasztalatok alapján munkámban a következő célkitűzéseket fogalmaztam meg:

1. A rendelkezésre álló nagy mennyiségű, értékes archív talajadat mentésére szolgáló minősítési, szűrési módszer, modern adatstruktúrába konvertálás és integrálás megalapozása.
2. Adatstruktúra modell létrehozása, mely alkalmas archív, és több forrásból származó adatok tárolására, úgy, hogy az szolgálja az adatfeldolgozást, illetve a nemzetközi harmonizálhatóságot.
3. A Szent István Egyetem Talajtani és Agrokémiai Tanszékének koordinálásában megújítás és tesztelés alatt lévő hazai talajosztályozás alacsonyabb szintjeinek fejlesztése, számszerűsítése, matematikai és statisztikai alapon archív adatok felhasználásával.
4. Az elkészült adatbázis struktúra és az abban tárolt adatok alapján származtatott tematikus állományok tesztelése modern, digitális térképezési célokra.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A XXI. század klímaváltozásának egyik fő okozója a robbanásszerű népességnövekedés, az ehhez kapcsolódó infrastrukturális fejlesztések energiaigényének kiszolgálása és a várhatóan 50%-al növekedő népesség élelmiszerellátása. Ennek az élelmiszerigénynek a kiszolgálásához elemzések szerint 10^9 hektár, termelésbe jelenleg nem bevont területet fognak mezőgazdasági területté alakítani, termelésbe vonni (Tilman és mtsai., 2001). A globális klímaváltozás és az ehhez kapcsolódó, agrárterületeket érintő helyi hatások, így az éves csapadékmennyiség és annak éves eloszlása, vagy a várható hőmérséklet modellezése, előrejelzése mind térben, mind időben meglehetősen bizonytalan. Ennek egyik oka a modellezéshez használt bemeneti információk minősége, vagy akár azok teljes hiánya (Beddington és mtsai., 2012).

Számos környezeti és szocio-ökonómiai modellhez szolgálnak bemeneti adatként különböző talajparaméterek. Ezek elérhetősége azonban meglehetősen korlátozott mind nemzeti, mind nemzetközi szinten (Dobos és mtsai., 2006). A mezőgazdaság fő közegeként szolgáló talaj minőségéről elengedhetetlen, hogy megfelelő információval rendelkezünk, mivel az időben és térben változik. Monitorozása, állapotváltozásának megfigyelése, nyomon követése, a változások időbeni felismerése elengedhetetlen ahhoz, hogy a kedvezőtlen állapotváltozásokat megelőzhessük, orvosolhassuk, így teret adva a fenntartható és a növekedő népességet ellátni képes mezőgazdaságnak. E törekvésekhez nélkülözhetetlen a megbízható megfigyelési rendszerek, felvételezések megléte, azok eredményeinek adatbázisba rendezése, közzététele a kutatás, fejlesztés számára (Parr és mtsai., 1992).

A növekedő adatigény mellett megállapították, hogy Európában a talajadatok vagy nem állnak rendelkezésre, vagy térben nem kellően reprezentáltak továbbá, hogy egy részének minősége erősen megkérdőjelezhető. Azonban egy könnyen kezelhető, minőségében a kívánalmaknak megfelelő adatbázis kulcsfontosságú a jövőbeni modellezési, döntéshozói feladatok ellátásához. Javasolták a talajinformációs rendszerek új generációjának létrehozását, mely alkalmas a nemzeti adatok integrálására, azok felhasználhatóságának ellenőrzésére, és értelmezhetőségének megkönnyítésére.

A talajszelvény adatbázisok a talajinformációk között is a legfontosabbak, amik a „földi valóságot” rögzítik. Az elmúlt, immáron közel 40 évben Európában több mint 500.000 talajszelvényt tártak fel. Ezen adatok hozzáférhetősége az Egyesült Államokkal szemben - ahol az információk díjtalanul elérhetők bárki számára – különböző engedélyekhez, gyakran megvásárláshoz kötött (Dobos és mtsai., 2006). Az alapadatok sok esetben nem is érhetők el, csupán az abból származtatott eredmények, vagy meta információk (Rossiter, 2004). További

problémát jelent az adattárolás, felvételezés, laboratóriumi módszerek nem egységes rendszere. A különböző nemzeti, programokhoz kapcsolódó adatbázisok harmonizálása, egy rendszerbe foglalása így meglehetősen nehézkes.

Az adatharmonizálási problémák ellenére az archív adatok megmentése, ellenőrzése és modern rendszerekbe foglalása szükségzerű, mivel a nagy kontinentális vagy akár nemzeti hagyományos talaj-felvételezési, térképezési kampányok befejeződtek és újabbak nem is várhatók kontinentális, világszinten (Dobos, 2006; Nachtergaele és Van Ranst, 2002), köszönhetően többek között a nagy költségigényüknek (Eswaran, 2006).

A jelenlegi globalizációs törekvések, a közös nyelv, nomenklatúra létrehozásának igénye több harmonizációs törekvéshez is vezetett, így a teljesség igénye nélkül a FAO UNESCO Legend for the Soil Map of the World (FAO-UNESCO, 1974; FAO, 1988) a World Reference Base for Soil Resources (WRB) (IUSS Working Group WRB, 2006), vagy a Guidelines for Soil Description (FAO, 2006), Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1999), Field Book for Describing and Sampling Soils (Schoenberger és mtsai., 2002). Ezek a kiadványok teremtették meg az alapját a harmonizált adatbázisoknak, melyek egy (vagy több) nemzetközi (korrelációs) rendszert követve immáron alkalmasak nemzeti adatokat nemzetközileg elfogadott platformra emelni és tárolni oly módon, hogy azok egymáshoz hasonlíthatók legyenek.

2.1. Európai Unió Talajvédelmi Stratégia és INSPIRE direktíva

A világszerte növekvő talajinformációra vonatkozó talajigényt (Szabó és mtsai., 2005) az Európai Unióban csak tovább erősíti az Európai Talajvédelmi Stratégia (COM 179, 2002) és az Európai Közösségen belüli térinformációs struktúra kialakításáról szóló, így a talajadatokhoz is kapcsolódó 2007/2/EK irányelv, az úgynevezett INSPIRE direktíva (Európai Tanács, 2007).

Az INSPIRE célja, hogy Európában rendelkezésre álljon egy széles körben, digitálisan elérhető, magas színvonalú információs rendszer, amely kiterjed a levegőre, talajra és a természeti tájra. Az INSPIRE elsősorban a környezetvédelmi politikát kívánja szolgálni, de kiterjeszthető más ágazatokra is: a mezőgazdaságra, közlekedésre, vagy energiaszektorra. Emellett célja, hogy az adatokat oly módon tárolja, hogy biztosítsa a közigazgatás, a gazdasági élet szereplői és a széleskörű felhasználó számára az interneten való hozzáférést. A direktíva több talajra vonatkoztatott paraméterre is utal (irányelv III. melléklete). Talajosztályozási információkat illetően az INSPIRE irányelv végrehajtásával kapcsolatos munkák (GSSoil, e-SOTER stb.) a harmonizációs célra a Világ Talaj Referenciabázist javasolják.

2.2. Jelentős nemzetközi talajadat harmonizációs programok, törekvések

2.2.1. Európai Közösség Közös Kutatóközpont (JRC)

Az Európai Közösség Közös Kutatóközpontja (European Commission Joint Research Center) az európai talajadat harmonizációs törekvések egyik fő mozgatója. Több nemzetközi talajadat harmonizációs projektnek a résztvevője, emellett fenntartja az Európai Talajadat Központot (European Soil Data Center). A Központ helyet ad többek között a JRC saját adatainak, az EU finanszírozású projektekből származó adatoknak, más szervezetekkel való együttműködésből származó talajadatoknak, illetve a tagállamok által biztosított adatoknak. Az adatbázis metaadatokat is tartalmaz és az INSPIRE direktíva kívánalmainak megfelelő koncepcióban került kivitelezésre (Panagos és mtsai., 2012; JRC ESDAC, 2013).

2.2.2. e-SOTER projekt

Az e-SOTER projekt során a különböző forrásból származó archív adatok összegyűjtése, harmonizálása, azok térképi interpretálása történt meg. Felismerve a talajra és a domborzatra vonatkozó információk iránti igényt, egy olyan módszertan kidolgozása volt a cél, mely alkalmas az adatharmonizációra és az adatok alapján több felhasználási terület számára is hasznos térképi állomány előállítására (e-SOTER, 2008a; e-SOTER, 2008b).

2.2.3. GSSoil

A GSSoil projekt célja egy olyan adatszolgáltatói és informatikai infrastruktúra létrehozása, mely biztosítja a térbeli talajadatokhoz való hozzáférést. A projektben 24 adatszolgáltató vett részt. A munka során az adatokat egy platformra harmonizálták, és példa adatbázisokkal szemléltették annak működését. A program során elsősorban nyílt forráskódú szoftverekre történt a fejlesztés. A létrehozott módszerek, struktúra, az INSPIRE elvek figyelembevételével kerültek kivitelezésre (Feiden és mtsai., 2012).

2.2.4. Nemzetközi Talajtani Unió Universal Soil Classification munkacsoport

A Nemzetközi Talajtani Unió (IUSS) a Universal Soil Classification munkacsoportot 2010-ben hozta létre azzal a céllal, hogy egy olyan rendszert fejlesszen ki, mely egységesíti a talajtan tudományban használt módszereket, leírásokat, definíciókat, osztályozást. A munkacsoport a fő célkitűzés a talajosztályozási rendszer mellett a laboratóriumi sztenderdekre, új modern technológiák alkalmazására, korrelációs problémákra és a terepi leíró módszerek harmonizálására is kidolgoz ajánlást (Hempel és mtsai., 2013).

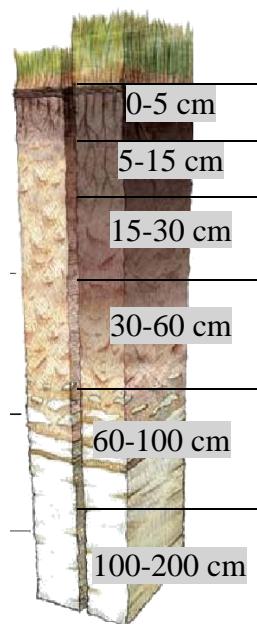
2.2.5. GlobalSoilMap.net projekt

A GlobalSoilMap.net projekt célja egy új, talajtérkép létrehozása a Föld teljes területére, mindezt modern digitális térképezési módszerek felhasználásával. A projekt több nemzeti és nemzetközi szervezet közreműködésével valósul meg.

A projekt során előre definiált rétegekben és paraméterek mellett készül el a világ (tematikus) talajtérképe 100x100 méteres felbontással. A térkép a 1. táblázatban található paraméterekre a 1. ábrán található mélységekben készül el (GlobalSoilMap.net., 2011).

1. táblázat. A GlobalSoilMap projekt keretében származtatott talajparaméterek. Dőlt betűvel az alternatív paraméterek (nem kötelezőek)

Mélység az ágyazati kőzetig	Agyag
Gyökerek számára átjárható talajréteg	Durva vázrészek
Szerves szén	Effektív kationcsere kapacitás
pH×10	<i>Diszponibilis víz mennyisége</i>
Homok	<i>Térfogattömeg</i>
Vályog	<i>Elektromos vezetőképesség</i>



1. ábra. A GlobalSoilMap projekt réteg specifikációi (rajz A. Hartemink tulajdona)

2.3. Nemzetközi harmonizált talajszelvény adatbázisok

A nemzetközi harmonizált talajtani adatbázisok szolgálhatnak példaként az elkészülő magyar harmonizált adatbázishoz minőségellenőrzési, strukturális, metaadat tárolási szempontból. Jelenleg több ilyen adatbázis is elérhető, ezek közül csak a jelentősebbeket tárgyalom.

Batjes és munkatársai (1995) a World Inventory of Soil Emission Potentials projekt (Batjes és Bridges, 1994) keretében egy olyan nemzetközi talajadatbázist (WISE 1.0) hoztak létre, amely a Soil Map of the World kiadvány talajtérkép egységeihez kapcsolható talajszelvény leírásokat tartalmaz. Az adatbázis 1125, nemzeti és nemzetközi intézményektől gyűjtött pontadatot tartalmaz, melyek a FAO-Unesco Legend for the Soil Map of the World (1974) talajosztályozási rendszer szerint kerültek újraosztályozásra, így harmonizálva azokat egy rendszerben.

Az adatbázist később, a rendszer alapjait megőrizve és azt kiegészítve tovább fejlesztették. A legutolsó verzió (ISRIC-WISE 3.1) már 10.253 talajszelvényre tartalmazott adatot, melyek a FAO-Unesco Legend for the Soil Map of the World (1974; 1988) továbbá a World Reference Base for Soil Resources (2006) osztályozási rendszere szerint harmonizáltak. Emellett kidolgoztak egy adatminőség ellenőrzési rendszert, amely 10 kontroll algoritmus alapján értékelte az adatokat, és jelölte, vagy javította a minőségileg nem megfelelőeket. Az adatbázis emellett jelentős mennyiségű metaadatot tartalmaz a források, illetve a vizsgálatokat végző laboratóriumok, laboratóriumi módszerek tekintetében (Batjes, 2009). Mivel az ISRIC-WISE 3.1 adatbázis több, kisebb nemzetközi és nemzeti adatbázist használ forrásként (Batjes, 2008) így nagy az azokkal való átfedés. Jelenleg ez az adatbázis tekinthető a legteljesebb és a legtöbb talajszelvényt tartalmazó adatbázisnak, a fejlesztés és feltöltés alatt álló World Soil Profiles (<http1>) adatbázist leszámítva, mely a dolgozat e fejezetének megírásakor 36.484 georeferált szelvény adatait tartalmazta. Jelenlegi állapotában az adatbázis feltöltés alatt áll, a benne integrált adatok a koordinátákat leszámítva sok esetben meglehetősen hiányosak.

A Spade 1, 2 és M adatbázis az Európai Unió Joint Research Center (JRC) kezelésében lévő pontadatbázis, mely a European Soil Database (King és mtsai., 1994; Panagos, 2006; Panagos és mtsai., 2011) raster alapú adatbázis alapját is képezi. A legutóbbi verzió 560 szelvény adatot tartalmaz Európából, nagymértékben átfedést mutatva a WISE adatbázissal, emellett annál kevesebb paramétert tárol.

Jelentős európai talajszelvény gyűjtemény a BioSoil projekt keretében létrehozott adatbázis. A program biodiverzitási (Bio) és talajtani (Soil) modulokat tartalmazott. A talajfelvételezés pontjait a tagállamok erdő monitoring rendszereihez igazítva jelölték ki. Előnye, hogy nem utólag harmonizált egy rendszerre, hanem már a felvételezés során egy adott nomenklatúrával dolgoztak a nemzeti felvételezők. Az adatbázis 4035 talajszelvény leíró adatait, továbbá 50 különböző fizikai és kémiai tulajdonságokra vonatkozó paraméterét tartalmazza. Emellett kiemelendő, hogy az adatbázis ellenőrzésére egy részletes minőségellenőrzési algoritmus sorozatot is kidolgoztak a hibás adatok rendszerbe kerülésének elkerülésére. Az adatbázis azonban jelenleg a nyilvánosság számára, nem, csupán az Európai Bizottság, Közös

Kutatóközpont (European Commission's Joint Research Center (JRC)) belső felhasználására hozzáférhető (Hiederer és Durant, 2010, Hiederer, 2010).

A Soil and Terrain Database (SOTER) digitális alapokra helyezésével az e-SOTER projekt keretében kiépítésre került egy olyan adatbázis, mely a poligonos állományra épülő adatok mellett pontadatokat is tartalmaz. Az eSOTER projekt során a térképezéshez bemeneti adatként a nemzetek által biztosított pontállományt szolgált. A pontállomány része lett a végleges terméknek tekinthető adatbázisnak. Önálló egységként is értelmezhető, továbbá minden talajfolthoz referencia szelvény is kapcsolódik, melyek az adatbázis részét képezik. A különböző nemzeti adatbázisokat a SOTER nomenklatúra alapján harmonizáltuk, emellett megtörtént a talajszelvények WRB-ra (2006) konvertálása. A végleges e-SOTER adatbázis 2382 talajszelvény adatait tartalmazza a projektben meghatározott teszterületekről (Michéli és mtsai., 2011; Pourabdollah és mtsai., 2012). Jelenleg sem az adatbázis, sem a poligonos állomány nem érhető el a projekt honlapjáról a külső felhasználók számára.

Jelentős Európán kívüli adatbázis, amely a világ legnagyobb, talajszelvényeket harmonizált módon tároló rendszere, az Amerikai Egyesült Államok Talajvédelmi Szolgálatának adatbázisa (NASIS) (<http2>). A több mint 300.000 feltárást tartalmazó adatbázis, egy módszerrel, egy talajosztályozási rendszerre építve, a laborvizsgálatokat egyazon laborban elvégezve készült el, és gyarapodik napjainkban is. Mivel az adatok nem több forrásból származnak, így metaadatokat a módszerekre vonatkoztatva az adatbázisba integrálva nem tartalmaz.

Az African Soil Profile Database (v 1.0) (Leenars, 2013) az AfSIS projekthez kapcsolódó adatgyűjtés eredménye. Több mint 12.000 archív talajszelvény és az ahhoz kapcsolódó szintek, forrás adatbázisok, laboratóriumok adatait tartalmazza. Az adatbázis leírásában részletesen tárgyalja a minőségellenőrzési folyamatokat is.

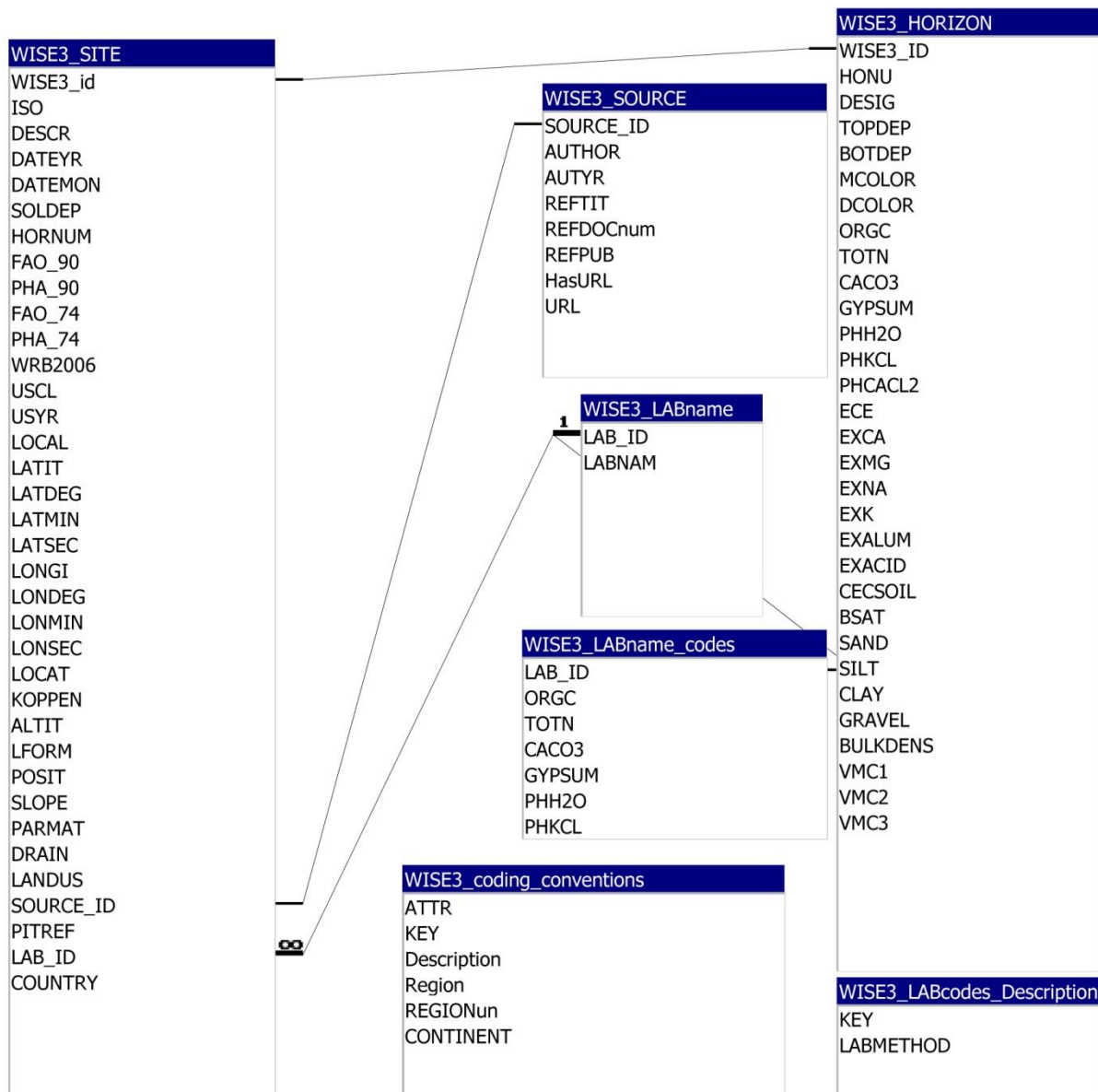
A harmonizált adatbázisok egyik fontos kritériuma a metaadatok tárolása. A laboratóriumi módszerekre vonatkozó adatok különös jelentőséggel bírnak, mivel az adatok hasonlíthatósága csak ennek az információnak a tükrében dönthető el. Az elmúlt évtizedekben sok, a laboratóriumi módszerek hasonlításáról szóló publikáció jelent meg. A GlobalSoilMap (GlobalSoilMap.net., 2011) projekt keretében ennek a nagyméretű anyagnak a feldolgozása javarészt megtörtént (a GlobalSoilMap specifikációban megfogalmazott paraméterekre), a kutatások referenciái és az azok alapján leírt korreláló faktorok a projekt honlapon elérhetők.

2.3.1. Nemzetközi és hazai talajtani adatbázisok felépítése és adatellenőrzési folyamatai

A dolgozatban az adatellenőrzés és az adatstruktúra modell létrehozását célként fogalmaztam meg. A munka elvégzéséhez fontos volt a hasonló adatbázisok adatellenőrző rendszereinek, struktúrájának megismerése. Az alábbiakban ezek közül a jelentősebbeket mutatom be.

A WISE 3.1 melyet már korábbi alfejezetben részleteztem. A nyilvánosság számára MS Access kapcsolt táblás formában érhető el (Batjes, 2008). A talajszelvény és talajszint információk mellett az adatforrásra és a laboratóriumi módszerekre vonatkozó információkat is tárol. A szelvények adatbázisba fogadásának feltétele az adatok megbízhatósága, a forrásra vonatkozó adatok megléte, illetve a FAO-UNESCO (1974, 1988) szerinti osztályozáshoz szükséges információk rendelkezésre állása. Az adatbázisba kerülő szelvények inkonzisztencia ellenőrzésen is átesnek, melyek az ország ISO kódokra, szintek folytonosságára, a szemcseösszetételre, térfogattömegre, szén-nitrogén arányra, pH-ra, pH és egyes kicserélhető elemek illetve gipsz és kalcium-karbonát összefüggésre, adathiányokra vonatkoznak.

A rendszer alkalmas a különböző forrásból származó adatok tárolására és könnyen lekérdezhető gyakorlatlan felhasználó számára is. Az adatstruktúra lehetővé teszi a metaadatok integrálását, mind a forrásra mind a laboratóriumi módszerekre vonatkoztatva. A talajszintekre vonatkoztatott morfológiai, fizikai, kémiai paraméterek egy táblában kapnak helyet (2. ábra). Ennek hátránya, hogy viszonylag kevés paramétert képes átlátható méretben tárolni. A metaadatok tárolásánál meg kell említeni, hogy a laboratóriumra vonatkoztatott adatok ugyan a szelvényhez rendelhetők, viszont a valós, paraméterre vonatkozó laboratóriumi módszer már közvetlenül nem kérdezhető le.



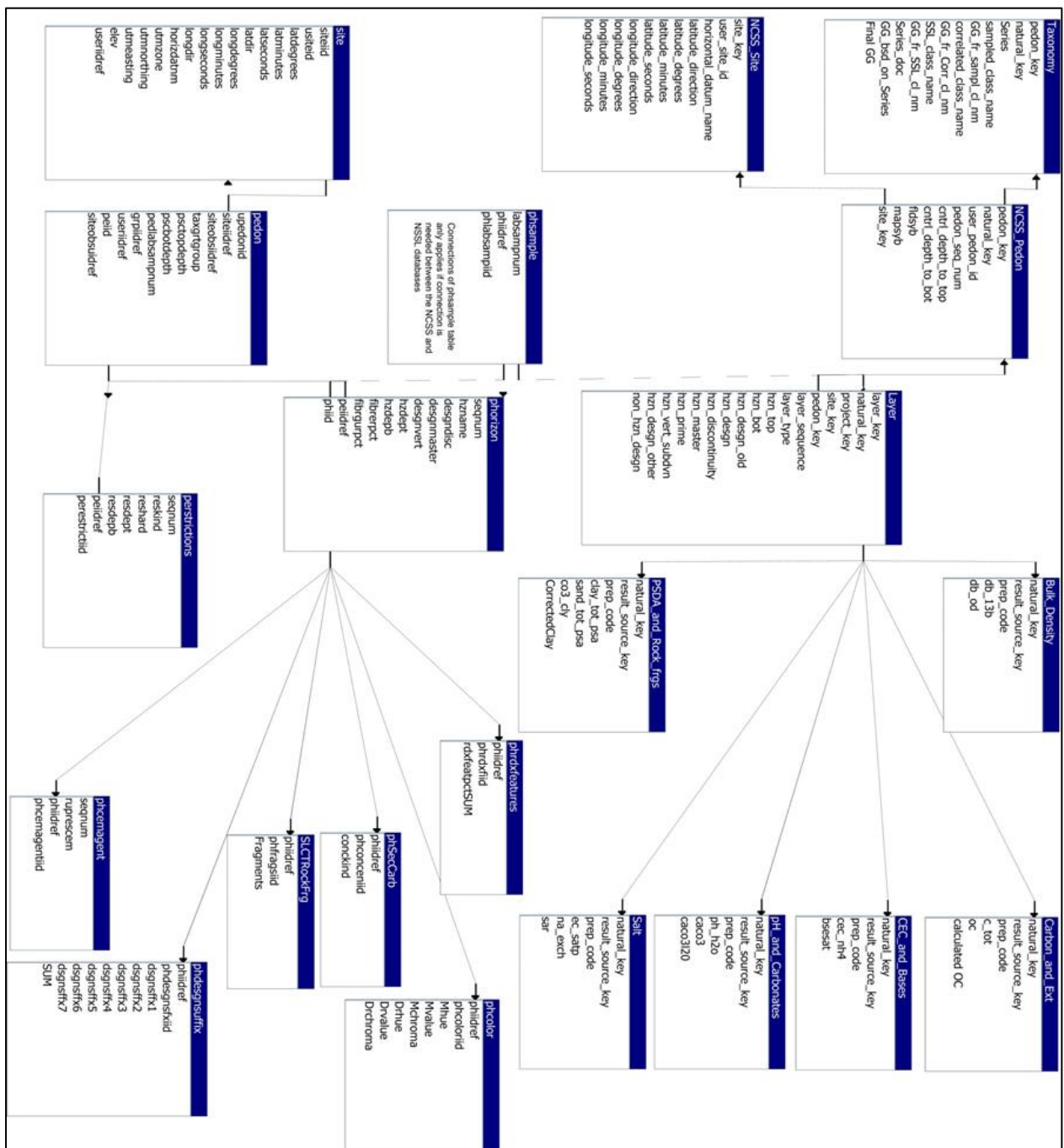
2. ábra. A WISE 3.1 kapcsolati adatbázis struktúrája

A BioSOIL adatbázis, amely a nyilvánosság számára jelenleg nem érhető el, szintén MS Access formátumban van tárolva. A projekt során a felvételezés egy módszertan szerint történt, ezért a forrásadatbázisra, laboratóriumokra vonatkozó metaadatok itt hiányoznak. Az adatbázis a talajszelvényekre vonatkozó helyszíni adatok mellett a talajszintek kémiai és fizikai paramétereit és morfológiai információkat tartalmaz. Az adatbázis a WISE-hoz képest egy jól kidolgozott részletes adatellenőrzésen ment keresztül. Az ellenőrzés során közel 1000 algoritmus segítségével történt a hibás értékek szűrése (INRA, 2009). A dokumentum részletezi a különböző ellenőrzési csoportokat, így az adatok rendelkezésre állására, a WRB szerinti osztályozásra, hiányzó értékekre, mért értékek tartomány ellenőrzésére, mért értékek mélység

szerinti túl nagy eltérésére, származtatott értékek összhangjának ellenőrzésére vonatkozó ellenőrző algoritmus csoportokat.

A NASIS adatstruktúrája (3. ábra) a WISE-hoz képest alkalmasabb a növekedésre, ami a paramétereket illeti. A paraméterek több kapcsolati táblában csoportosítva találhatók.

Ennek hátránya, hogy sok esetben az egyes morfológiai paramétereket tartalmazó lekérdezéseknél duplikációkat, vagy annál nagyobb mennyiségű ismétlést eredményez, a gyakorlatlan felhasználó kezében. Ennél az adatbázisnál fontos a rendszer felépítésének, működésének ismerete.



3. ábra. Az amerikai NASIS kapcsolati pontadatbázis struktúrájának egy részlete

Az African Soil Profile Database (v 1.0) (Leenars, 2013) felépítését tekintve dbf kiterjesztésű adattáblák kapcsolatára épül ArcGIS (mxd) környezetben. Az adatbázis az eredeti értékek mellett egy harmonizált adatsort is tartalmaz, ahol a mért értékek egy, a nemzetközi sztenderdeknek megfelelő mérési módszerre vannak korrelálva. Az adatbázis ellenőrzése során a minőségellenőrzési algoritmusokat 3 csoportba foglalták: alap, rutin és teljes minőségellenőrzés. Az alap minőségellenőrzési vizsgálatok során olyan értékeket ellenőriz a rendszer, mint a szélességi és hosszúsági koordináta helyessége, mért értékek tartomány ellenőrzése, kiugró értékek stb. Az alap ellenőrzéseket az eredeti adatokon végezték el, nagyrészt a WISE módszertan, illetve Driessen (1995) alapján. A teljes vizsgálatokat a harmonizált adatokon hajtották végre, két vagy többdimenziós vizsgálatok segítségével, ahol a paraméterek kapcsolatát vizsgálták.

A magyar adatbázisok többségének esetében a minőségellenőrzési, adatkezelési dokumentáció nem érhető el nyilvánosan. A TIM módszertan ugyan említést tesz minőségellenőrzési folyamatról, azonban nem részletezi azt.

A MARTHA adatbázis SQL platformon Firebird rendszerben van tárolva, mely az MS Accesshez hasonlóan kapcsolati táblákban tárolja az adatokat (Farkas és mtsai., 2009). A MARTHA bemutatására szolgáló kiadvány nem tér ki a minőségellenőrzési algoritmusokra.

2.3.2. Minőségellenőrzési módszerek

Nemzetközi viszonylatban a minőségellenőrzés módszertana a talajtani adatbázisok esetében egyre kidolgozottabb. Annak részletei hozzátartoznak az adatbázishoz, vagy az annak bemutatására szolgáló kiadvány részét képezik. Hazai viszonyok között ez még várat magára, noha a felhasználóban jogosan merül fel egyes adatbázisok minőségének kérdése. Forbes és munkatársai (1982) már 30 évvel ezelőtt kifejezték ezt az igényt, illetve megfogalmaztak egy útmutatót a talajtani adatbázisok ellenőrzésére. Hengl és Husnjak (2006) ezt tovább részletezték és ismertették a szükségességét mind a térbeli, mind a talajszelvény adatok ellenőrzésének, horvátországi teszterületen végzett vizsgálataik alapján. Jelenlegi trendek is azt mutatják, hogy a végső termékek minőségellenőrzése megtörténik, azonban azt már a legalsó szinten meg kell tenni (Schmidley, 1997). Krol (2008) vázolta az igényt a felhasználót szolgáló egységes minőségellenőrzési rendszer iránt, mely alkalmas az alap adatok hibáinak ellenőrzésére, így törekedve a végtermék lehető legjobb minőségére és nem a felhasználóra bízva azt, hogy a hibákat felismerje és javítsa.

Azokban az adatbázisokban melyek minőségellenőrzési folyamatba is betekintést engednek (WISE3.1, BioSOIL), elsősorban olyan alapvizsgálatok kerülnek elvégzésre, melyek a

különböző adatokat önmagukban, más adattal való összefüggésében, vagy tér- és időbeli változásában vizsgálják (2. táblázat).

2. táblázat. Fő minőségellenőrzési módszertípusok és azok jellemzése

Minőségellenőrzési módszer	Leírás
Határérték ellenőrzése (Limit check)	Extrém, vagy nem valós értékek szűrésére szolgál (pl. pH kisebb, mint 2 valószínűtlen, míg pH 15 biztosan hibás érték)
Inkonzisztens értékek ellenőrzése (Internal consistency check)	Az egymást kiegészítő adatok szűrésére (pl.: homok % + vályog % + agyag % =100%)
„Flatliner check”	Idővel vagy mélységgel nem változó paraméterek szűrésére szolgál. (pl.: annak esélye, hogy egy talaj CaCO ₃ tartalma 3 szinten át nem változik kicsi (kivéve, ha az karbonátmentes))
Adatok kapcsolatának ellenőrzése (Relationship check)	Az egymásnak ellentmondó adatok szűrésére (pl.: a terepi leírás CaCO ₃ tartalomra 0, míg a laboratóriumi mérés 15 %)
Kiugró érték ellenőrzése (Spike check)	Elsősorban idő paraméterrel rendelkező mérések esetében (monitoring), de talajok mélységbeli kiugró értékének ellenőrzésére is (pl.: valamely paraméter mélységgel történő, és egy szintre kiterjedő nagymértékű eltérése a szelvény többi értékéhez képest)

2.4. Hazai archív talajadatok és talajadat-harmonizálási törekvések

A szisztematikus hazai (térbeli) talajinformációk gyűjtése és rögzítése mintegy 150 éves múltra tekint vissza. Ez alatt az időszak alatt különböző céllal és módszertannal, több térképezési munka is megvalósult, melyek minden esetben a kor ismereteinek és igényeinek megfelelően kerültek kivitelezésre. Ennek a gazdag adatállománynak az összegyűjtése, harmonizálása és prezentálása fontos feladat, mely nem csupán a talajtanos társadalom számára szolgáltat fontos információt. A dolgozatban az adatbázisok közül a Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer szolgált teszt adatbázisként, azonban a kidolgozott rendszer kiterjesztésével a fejezetben részletezett jelentős adatbázisokat is integrálni lehet harmonizált módon a kidolgozott struktúrába. Az első

ilyen jellegű munkák az agrogeológiai felmérések részeként folytak a XIX. század végén, XX. század elején. Ezek a felmérések már talajhasznosítási szempontból is lényeges információt hordoztak. A múlt század elején elkészült Magyarország klíma zonális térképe Treitz Péter, Ballanegger Róbert és Timkó Imre nevéhez fűződik. A század elején Timkó és Sümeghy József további agrogeológiai felvételezéseket végzett, és ehhez az időszakhoz kötődik a Kreybig Lajos nevével fémjelzett Kreybig-féle térképezés módszertanának kidolgozása (Várallyay 1989; Várallyay 2012).

2.4.1. Kreybig-féle térképek és a Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer (DKTIR)

Szabó és munkatársai alapján (2011) a Kreybig-féle talajinformációs adatbázis az egész országra kiterjedő források közül a legrészletesebb. Az 1934 és 1951 között megvalósított felvételezés egységes helyszíni vizsgálati és laboratóriumi módszertannal 1:25.000 méretarányban készült el (Kreybig, 1937; Szabó és mtsai., 2000). A felvételezés eredményeképp Magyarország volt az első olyan ország, amely legalább 1:25.000 méretarányú, a teljes országot lefedő talajtérképpel rendelkezett (Várallyay, 1989).

Az állomány reambulálását és modern struktúrába rendezését a Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpont Talajtani és Agrokémiai Intézet Környezetinformatikai osztályának munkatársai vállalták fel, a munkát 1998-ban megkezdve (Németh és mtsai., 1998; Szabó és mtsai., 2000).

Szabó és munkatársai (2005) megvizsgálták hazánk talajinformációs rendszereit, rámutatva egy országos térbeli információs rendszer elkészítésének igényére. Ugyanakkor megállapították, hogy hazánkban, mint ahogy a világ többi részén sem várható egy új, egységes talajfelvételezési kampány, ezért az archív adatok nagy jelentőséggel bírnak.

Munkájukban összehasonlították az Agrotopográfiai adatbázist (Várallyay és mtsai., 1979, 1980), a Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszert (DKTIR) illetve a Nagyméretarányú üzemi talajtérképeket térbeli felbontás, tematikus részletesség, talajszelvény adatok, országos lefedettség, aktualizálhatóság, digitális feldolgozottság, adatelérés tekintetében. Ezek alapján megállapították, hogy a DKTIR-nek nagy jelentősége lehet egy országos rendszer létrehozásában. A munkában ismertették a módszertant, mely kiterjed az információk pontosítására és a terepi aktualizálásra. A cikkhez több hozzászólás és megjegyzés, majd viszontválasz is érkezett (Tóth és Máté, 2006; Pásztor és mtsai., 2006; Sisák és Bámer, 2008a; Pásztor és mtsai., 2008).

Sisák és Bámer (2008a) válaszukban 4 talajtani adatforrást (DKTIR, Géczy Gábor-féle talajismereti és talajhasznosítási térképek, Agrokémiai adatbázis, földminősítési mintaterék adatai) hasonlítottak össze erősségeik és gyengeségeik alapján. Javasolták egységes rendszerbe

foglalásukat, kiemelve, hogy a harmonizálásnál figyelembe kell venni az adatok konzisztenciáját. Összességében megállapították az igényt egy hazai harmonizált digitális talajinformációs rendszerre, illetve azt, hogy ennek valamennyi hozzáférhető adatforrásra támaszkodnia kell.

A Kreybig adatbázist az elmúlt időszakban az MTA TAKI munkatársai a kor technológiájának megfelelően oly módon dolgozták fel és tárolták elektronikus adatbázisba, hogy az modern informatikai eszközök számára könnyen kezelhető legyen (Pásztor és mtsai., 2010). Az adatbázis folyamatos fejlesztés alatt áll, melynek elsődleges célja a tematikus és térbeli pontosság javítása, kiegészítve új terepi felvételezésekkel (Pásztor és mtsai., 2012).

Az adatbázis értékét növeli, hogy a poligonos állományon kívül a felvételezési pontok helyét is tartalmazza az azokra vonatkozó paraméterekkel, mivel hozzáférhetők az eredeti jegyzőkönyvek a térképezési munkálatok adataival. Az adatok elsősorban talajfizikai és talajkémiai paraméterekre vonatkoznak. Ez főként a felvételezés céljának megjelölt mezőgazdasági felhasználás adatigényét tükrözi. Az adatok között megkülönböztetnek reprezentatív és nem reprezentatív feltárásokat. A reprezentatív feltárások esetében mindegyikre készült laboratóriumi vizsgálat, míg a nem reprezentatívak a későbbi térképezési munkákhoz szolgálhatnak értékes adatokkal, tükrözve a heterogenitást (Szabó és mtsai., 2005).

2.4.2. Géczy-féle térképek

A kreybigi alapokra építő, alapvetően növénytermesztési célra készült 1:25.000 méretarányú térképezés módszertanát Géczy Gábor dolgozta ki (Géczy, 1959; Géczy, 1960). A térképezés hazánk mezőgazdasági területére készült el (Géczy, 1968). A térképállomány egyik fele a Debreceni Egyetem kezelésben, míg a másik fele a Pannon Egyetem keszthelyi Georgikon Karának kezelésében van.

Az adatbázis digitalizálását a Balaton vízgyűjtőjén Sisák és Bámer (2008b) készítette el. Munkájukban rámutattak, hogy a térképek mintavételi pontjainak sűrűsége nem megfelelő ahhoz, hogy táblaszintűként elfogadhatóak legyenek, azonban egyéb adatforrások integrálásával és megfelelő, modern térképezési technikák alkalmazásával ez javítható. Az adatbázisról fontos megemlíteni, hogy mivel elsősorban növénytermesztési céllal készült, így a paraméterek főként a feltalajra vonatkoznak, kiegészülve a talajhasználat szempontjából kritikus információkkal.

2.4.3. Nagyméretarányú üzemi térképezés

A térképezés munkálatai az 1960-as években indultak és az 1980-as években folytatódtak (Szabolcs, 1966; Jassó, 1989). A nagyléptékű, 1:10.000 méretarányú genetikus üzemi térképeket hazánk termelőszövetkezeteinek és nagy területű gazdaságainak támogatására kezdték el

létrehozni. A térképek nem csupán a talajtípust jelölték, hanem tematikus kartogramokon egyéb fontos talajtulajdonságokra vonatkozóan is tartalmaztak információt, többek között a kémhatásra, mészállapotra, mechanikai összetételre, vízgazdálkodásra, és a humuszos réteg vastagságára. A térképlapokon emellett talajhasználatra vonatkozó javaslatok is feltüntetésre kerültek (Szabolcs, 1966). A térképezési munka a termelészövetkezetek területére készült el, így erdészeti hasznosítású területekről nem állnak rendelkezésre információk.

A pontállományt tekintve megállapítható, hogy az információ jelentős része a kartogramokon szerepel, melyeknek eloszlása térképlaponként változó. Ez annak is köszönhető, hogy az első két év térképezési munka után megszületett az útmutató módosítása, mely változtatott a szerkesztendő kartogramokon és a kódszámokon. A feldolgozás és felhasználás során ez jelentheti az adatbázis limitáltságát, mivel az 1987-89 között készült térképek csak nehézkesen hasonlíthatók, külön kódlisták vizsgálata után (Szabóné Kele, 1999; Waltner és mtsai., 2012).

2.4.4. Agrotopográfiai térképek

Az először „Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó talajtani tényezők térképe” címen publikált kiadvány, amely később kiegészítésekkel „Agrotopográfiai térkép” néven került kiadásra több országos és közepes léptékű munkának volt alapja (Várallyay és mtsai., 1979; Várallyay és mtsai., 1980). A térképsorozat az Átnézetes Talajismereti Térképek (Kreybig térképek) generalizálásával készült el 1:100.000 méretarányban.

2.4.5. Magyarország genetikus talajtérképe

A Kreybig adatbázis alapján hozták létre Magyarország genetikus talajtérképét 1:200.000 majd 1:500.000 méretarányban (Stefanovits, 1963; Stefanovits és Szűcs, 1961). A térképek a hazai talajosztályozási rendszer (Stefanovits, 1981; Szabolcs 1966) 29 talajtípusa és altípusa alapján készültek el, a típusok mellett feltüntetve 18 talajképző közet típust is (Várallyay, 1989).

2.4.6. Agrokémiai Információs és Irányítási Rendszer (AIIR)

Az adatbázis az 1980-as évekig visszamenően tartalmazza a táblatorzskönyvi és termésadatokat, valamint az azokhoz kapcsolódó talajvizsgálati eredmények adatait. Jelenleg a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Növény-, Talaj- és Agrárkörnyezet-védelmi Igazgatóság (volt Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Központ Növény-, Talaj- és Agrárkörnyezet-védelmi Igazgatósága) gondozza (Debreczeniné és mtsai., 2003).

2.4.7. Az aranykorona rendszerű földminősítés talajszelvény adatai

A nagyméretarányú térképezés második szakaszában készült el a pontadatokat tartalmazó, országos szinten korlátozott kiterjedésű aranykorona rendszerű földminősítés mintatereinek újabb felvételezése és vizsgálata (Baranyai és mtsai., 1989).

2.4.8. Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer (TIM)

A TIM-et a Környezetvédelmi Információs és Monitoring Rendszer (KIM) alrendszereként hívták életre. Célja közt a racionális agrár-környezetgazdálkodás megalapozása, a hazai talajok állapotfelmérése és azok állagmegóvásának megalapozása szerepelt. Az ország egész területére kiterjedt művelési ágak, tulajdonjog és egyéb korlátozások nélkül. A TIM fenntartása az állam felelőssége és feladata, annak érdekében, hogy a termőföld minőségének kedvezőtlen alakulását megelőzze (TIM, 1995). Arrouays és mtsai (2008) alapján a TIM az európai talaj monitoring rendszereket összehasonlítva, mind pontjainak számát, sűrűségét, módszertanát és a konzisztenciáját tekintve a jelentősebbek közé tartozik. Ez elsősorban három oknak köszönhető: az ország kis területének, a mezőgazdaság és földhasználat jelentőségének mind gazdaságilag, mind történelmileg, és hazánk földszeretetének (Várallyay és mtsai., 2009).

A TIM 1992-ben kezdődött az alap felvételezéssel. Összesen 1236 pontot jelöltek ki, a kisebb tájegységek reprezentatív területein. Teljes szelvényleírás, talajosztályozás, továbbá a genetikai szintek mintázása történt meg az általános fizikai, kémiai paraméterek laboratóriumi vizsgálatához. A különböző paraméterek változó rendszerességgel 1, 3 és 6 évenként újramintázzák.

A TIM kizárólag pontadatokat tartalmaz. A poligonos állomány hiánya miatt nehezen hasonlítható a korábban tárgyalt adatbázisokhoz. A lefedettségét, továbbá a módszertan viszonylagos „frissességét” tekintve, nemzetközi viszonylatban ez tekinthető a legteljesebb és nemzetközi adatbázisokkal leginkább harmonizálható adatbázisnak. Az adatbázis a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Növény-, Talaj- és Agrárkörnyezet-védelmi Igazgatóságának kezelésében áll (TIM, 1995; NÉBIH, 2012).

2.4.9. Magyarországi Részletes Talajfizikai és Hidrológiai Adatbázis (MARTHA)

A MARTHA adatbázis célja a hazánkban elérhető talajfizikai és vízgazdálkodási adatok összegyűjtése és egységes adatbázisba rendezése volt. Az adatbázis az ország teljes területére kiterjed és több fő adatforrásra támaszkodik, úgy mint a HUNSODA, TIM, illetve a különböző 1970-es évek közepétől készülő talajtani szakvéleményekben fellelt adatok. Az adatbázis közel 4.000 talajszelvényre tartalmaz adatokat, többek között az alábbi paraméterekre: szervesanyag tartalom, kalcium-karbonát tartalom, pH, sótartalom, kationcserekapacitás, kötöttség, szemcseeloszlás, térfogattömeg, pF értékek stb. (Farkas és mtsai., 2009; Makó és mtsai., 2010).

2.5. Genetikus és diagnosztikus szemléletű talajosztályozás

A munka jelentős részét a különböző talajosztályozási rendszerek közötti korrelálás tette ki. A különböző koncepcióknak köszönhetően a típusok megfeleltetése sok esetben nehézkes.

A XX. század második felében kialakult európai talajosztályozási rendszerek, így a jelenlegi hazai talajosztályozási rendszerünk is, dokucsajevi alapokon nyugszik, tehát azokat fejlődésükben vizsgálja, nagy jelentőséget tulajdonítva a földrajzi törvényszerűségeknek is (Dokucsajev, 1883; Stefanovits, 1956; Michéli, 2011). Ezek a rendszerek ugyan jól szolgálták az akkori kor követelményeit, azonban az utóbbi évtizedekben tapasztalható technikai fejlődés, megváltozott igények és a globális adatbázisok felé irányult nagymértékű igény okán kialakult harmonizációs törekvések hatottak a talajosztályozási rendszerek fejlődésére is. A még meglévő genetikus rendszerek folyamatosan felújításra kerülnek, diagnosztikus szemlélet kerül bevezetésre a nemzeti osztályozási rendszerekben is.

A harmonizált adatbázisok feltétele olyan, definíciókra, sztenderdmérésekre, számszerűsítésre alapozott osztályozási rendszerek megléte, melyek korrelálása egy nemzetközi rendszerre nem jelent olyan nehézséget, mint a genetikai alapú osztályozási rendszerek esetében (Krasilnikov és Arnold., 2009).

A talajosztályozási rendszerek között egyre inkább a diagnosztikus rendszerek terjednek el, ilyen a nemzetközi használatban is előforduló Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1999), a FAO/UNESCO talajosztályozási rendszere (1974), valamint a Világ Talaj Referenciabázis (WRB) (FAO/ISRIC/ISSS, 1998, IUSS Working Group WRB 2006, 2007). Ezeket a nemzetközileg ismert rendszereket követte több nemzeti rendszer megújítása, hasonló alapokon. Hazai osztályozásunk egyike azoknak a rendszereknek, melyek ezen az átalakuláson még nem mentek keresztül (Michéli, 2011).

A diagnosztikus talajosztályozás kialakulását többek között az idézte elő, hogy a genetikus szemléletű osztályozáshoz, a talajképző folyamatok felismeréséhez a képződés helyszínének nagyfokú ismerete, sokrétű, alaptudományokban való jártasság és nagy terepi tapasztalat szükséges, és még így sem minden esetben lehetséges (Arnold, 1968; Smith, 1986). Cline (1949) munkájában megfogalmazta a definíciók és határértékek jelentőségét az egyértelmű taxonómiai elkülönítés érdekében. A talajban lejátszódó folyamatok olyan jellemző tulajdonságokat, szinteket alakítanak ki, melyek definíciókkal, számszerűsített kritériumokkal meghatározhatók, ennek köszönhetően felismerésükhöz nem szükséges kivételes terepi és szakmai tapasztalat. Smith 1952-ben bemutatta javaslatát a diagnosztikai talajszintek és tulajdonságok bevezetésére. Több szerző ezt az alkalmat tartja a modern talajosztályozás kezdetének (Eswaran, 1999; Langohr, 2002; Michéli, 2011).

2.5.1. A magyar genetikai és talajföldrajzi osztályozási rendszer

A hazánkban jelenleg használatban lévő dokucsajevi alapokon nyugvó genetikai szemléletű osztályozási rendszer a XX. század derekán került kifejlesztésre. A talajokat fejlődésükben vizsgálja és azokat a földrajzi törvényszerűségek alapján foglalja csoportba az osztályozás legmagasabb szintjén. 10 főtypusban 38 típust különít el (amennyiben a mocsári erdők talajait csak főtypusnak tekintjük). Ezeken belül további altípusokat és változatokat is elkülönít. A típusok szintjén az elkülönítés alapja a morfológiai bélyegek segítségével megállapítható folyamattársulás, mely a talajképződés során lejátszódó anyag- és energiaátalakulási folyamatok összességét foglalja magába (Stefanovits, 1981). A magyar osztályozás típusai voltak az alapjai a talalosztályozási rendszerek közötti korrelálási kutatásoknak. A hazai típusokat a WRB referencia csoportjaival korreláltuk.

2.5.2. A megújítás alatt álló magyar osztályozási rendszer

A hazai osztályozási rendszerünk kifejlesztése óta mind a nemzetközi, mind a nemzeti osztályozási rendszerek, így az orosz (Shishov és mtsai, 2005), a kínai (CRG-CST, 2001), a német (Ad.hoc-AG Boden, 2005), a francia (AFES, 1998), a román (Florea és Munteanu, 2000), a cseh (Nemecek, 2001), a szlovák (Sobocká, 2000), vagy a lett (Karklins, 2007) a dokucsajevi hagyományokkal némileg szakítva, egy más, úgynevezett diagnosztikus szemléletben lettek megújítva, létrehozva. A diagnosztikus szemlélet a szigorúbb, definíciókra és számszerű adatokra támaszkodik, így a talajfolyamatok és folyamattársulások helyett jól definiálható morfológiai, fizikai és kémiai tulajdonságok alapján történik a talajok osztályokba sorolása. A hazai osztályozási rendszerünk megújítása folyamatban van, lásd a következő alfejezetet. E munka eredményeképp született meg a javaslat a hazai talajosztályozási rendszer megújítására. A rendszer részét képezik a javasolt hazai típusok, altípusok, illetve azok változati tulajdonságainak definíciói, valamint egy osztályozó kulcs, amely alapján az osztályozás történik.

Az osztályozás alapegységei, felépítése az alábbiak szerint kerültek megfogalmazásra:

Alapdefiníciók: talajszintek, talajtulajdonságok és talajanyagok, melyek valamennyi egységnél azonos értelmezést kapnak.

Típusok: az osztályozás alapegységei. Megfogalmazásuk a határozó kulcsban általános leírásából és osztályozási követelményekből tevődik össze.

Altípus és változati tulajdonságok: további fontos (átmeneti, kémiai, fizikai, genetikai) tulajdonságok jellemzésére szolgál.

A javasolt osztályozási rendszer a modern követelményeknek megfelelően szigorú definíciókra épül, így az egyéb adatorientált célokat is jobban tudja szolgálni.

A javasolt hazai osztályozási rendszer, illetve az archív adatok erre a rendszerre való korrelálásának megalapozása volt a dolgozat fő célja. Mind az archív adatok mentése, mind a WRB-vel való korrelálhatóság szempontjából megvizsgáltam a rendszert. Ezek mellett a matematikai módszerekkel való adatbázis alapú, az osztályozás alacsonyabb szintjeinek fejlesztését szolgáló kutatásnak csakúgy, mint a modern digitális térképi adatbázisokon és felvételezési rendszer eredményein alapuló talajosztályozási információk származtatására szolgáló módszerek kidolgozásának is ez a rendszer adta az alapját.

A javasolt hazai talajosztályozási rendszer típusait annak ellenére, hogy annak helyes írásmódja még nem tisztázott, a WRB referencia csoportokhoz hasonlóan nagybetűvel írtam, ezzel a jelenlegi osztályozás egységeitől való megkülönböztetethez is támogatva.

2.5.3. Hazai osztályozásunk diagnosztikus megújításának kronológiai áttekintése

A talajosztályozási rendszerek kialakításában megfigyelhető változó koncepciókra Michéli (2002a, 2002b, 2002c) hívta fel a figyelmet. Kiemelte, hogy a nemzeti osztályozásoknak az adott ország jellegzetességeinek megfelelő prioritást szem előtt kell tartania, ugyanakkor a harmonizálhatóság igénye miatt arra is törekedni kell, hogy ezek korrelálhatók legyenek nemzetközi rendszerekre. Javasolta a diagnosztikus szintek, tulajdonságok bevezetését a hazai osztályozási rendszerbe, hogy egy osztályozó kulcs létrehozása lehetővé váljon, továbbá felvetette egy új osztályozási rendszer létrehozásának lehetőségét. Hegymegi és munkatársai (2004) felhívták a figyelmet a nagy agyagtartalmú hazai talajok osztályozási problémájára jelenlegi rendszerünkben. Fuchs és munkatársai (2005) a szervesanyag-tartalom talajosztályozási rendszerekben elfoglalt jelentős szerepére mutattak rá. Michéli (2005) a megváltozott felhasználói igények kielégítése miatt is kiemelt fontosságúnak tartja egy új rendszer kialakítását. Hangsúlyozta a harmonizálhatóság jelentőségét, az egyszerűbb használatot, és nyomatékosítja, hogy nem csupán széles nemzetközi viszonylatban, de a környező országokat is tekintve, tudományos lemaradásunk a talajosztályozási rendszer korszerűsítése terén jelentős.

Michéli és munkatársai (2005) javasolták az úgynevezett „vertic” tulajdonság és a „Vertisol” (duzzadó agyagtalajok) talajtípus bevezetését hazai osztályozási rendszerünkbe. Fuchs és munkatársai (2006a, 2006b) felvetették a hazai hidromorf talajok osztályozásának módosítását, új talajtípus bevezetésével a rendszerbe. Michéli és munkatársai (2006) a hazai talajtípusok korrelálásával a WRB rendszerére rámutattak a korrelálás nehézségeire, az egy-egy arányú megfeleltetés kivitelezhetetlenségére, mely a genetikai és a diagnosztikus rendszerek különböző megközelítésének köszönhető. Szabóné Kele és munkatársai (2006) a hazai csernozjomok

vizsgálata alapján javasoltak módosításokat a talajosztályozási rendszerünkben. Fuchs és munkatársai (2006c) szorgalmazták egy új, számszerűsített, határértékekkel rendelkező osztályozási rendszer létrehozását, mindezt a hidromorf talajok osztályozási problémáin végzett kutatások alapján. A Bodrogköz vízhatás alatt álló talajainak vizsgálata alapján indítványoztuk az új rendszerben a mérési módszerek, a morfológiai bélyegek mennyiségének határértékkel való rögzítését az osztályozás megkönnyítéséhez, továbbá az öntés talajok (anyagok) definíciójának pontosítását (Fuchs és mtsai., 2008a). Sisák és Máté (2008) „A balatoni táj talajai” monolit sorozat vizsgálata alapján javasoltak a talajképző kőzetre vonatkozó precízebb rendszer bevezetését az új osztályozási rendszerbe, így jobban leírva a felszín közelében többrétegű üledékekkel jellemzett talajokat. Fuchs és munkatársai (2008b) a Sopron - Fertő tó régió talajait vizsgálva állapították meg, hogy a WRB osztályozás sok esetben részletesebb információt közöl adott talajról, illetve, hogy egyes esetekben az osztályozás jelentős eltérést mutat a két rendszerben, még a felső szinten is.

Tóth és munkatársai (2008) gyakorlati alkalmazhatósága alapján tanulmányozták a jelenlegi rendszert és megállapították, hogy a rendszertani kategóriák gyakran félrevezetőek, ezért nagymértékű információvesztéshez vezetnek, még az osztályozási rendszer alacsonyabb szintjein is.

A szikes talajok osztályozását vizsgálva megállapítottuk, hogy a definíciók alapján azok térbeli lehatárolásában a definíciókban lévő különbségek miatt jelentős lehet annak függvényében, hogy mely rendszer szerint osztályozzuk a területet szikesedés szempontjából. A szikes talajok esetében tehát kiemelten fontos a jól megválasztott pontos definíciók alkalmazása (Michéli és mtsai., 2009; Szabari és mtsai., 2010).

Fuchs és Michéli (2010) dokumentálta a hazai duzzadó agyagtalajok előfordulását és azok osztályozási problémáit, kiemelve e talajok elkülönítésének szükségességét az új osztályozási rendszerben.

Michéli (2011) elvégezte a talajképző folyamatok megjelenésének vizsgálatát a WRB rendszerén és rámutatott a genetikus folyamatok tükröződésére a diagnosztikus osztályozásban, ezzel bizonyítva az ilyen jellegű kritikák megalapozatlanságát.

A jelenlegi osztályozási rendszer és a dianosztikus rendszerek közötti kapcsolat, illetve a hazai rendszer vizsgálatát kezdtük meg matematikai módszerekkel, ezzel egy új vizsgálati módszert bevezetve az új osztályozási rendszer fejlesztésébe (Waltner és mtsai., 2010; Fuchs és mtsai., 2011).

2013-ban a Magyar Talajtani Társaság Talajgenetikai és Talajterképezési Szakosztálya szervezésében „A megújított hazai talajosztályozási rendszer eredményeinek ismertetése és megvitatása” című vitanap során több, az új rendszerhez kapcsolódó dokumentum is bemutatásra

és megvitatásra került. Az „Alapelvek, osztályozó kulcs” (Michéli és mtsai, 2013a), „A javasolt típusok és a kapcsolódó altípus és változati tulajdonságok ismertetése” (Michéli és mtsai, 2013b), „Az altípus és változati tulajdonságok javasolt definíciói” (Michéli és mtsai, 2013c) a talajosztályozáshoz, míg a „Genetikai szintek, rétegek” (Michéli és Fuchs, 2013), „Domborzat, talajképző közet” (Dobos, 2013), „Javaslat helyszíni talajfelvételezés általános módszertanára” (Szabóné Kele, 2013a) és a „Helyszíni talajvizsgálati jegyzőkönyv” (Szabóné Kele, 2013b) a terepi felvételezéshez kapcsolódó vitaanyagok. A vitaülésen az ország minden pontjáról érkeztek talajtani szakemberek. A dolgozat írásának napjáig kettő javaslat, észrevétel érkezett (Barta, 2013; Tóth és Balog, 2013), ezzel megkezdve a szakmai párbeszédet egy megújított hazai osztályozási rendszer véglegesítéséhez.

2.6. Talajadat konvertálása nemzetközi platformra

A kidolgozott nemzetközi platformok, a FAO Útmutató a talajok leírásához, a Világ Talaj Referenciabázis szolgálnak referenciául több nemzetközi és nemzeti talajosztályozási, talajleíró rendszerhez. A jelenleg fejlesztés alatt álló hazai rendszer kidolgozásának is alapja, iránymutatója e két publikáció. A „Javaslat helyszíni talajfelvételezés általános módszertanára” szolgált az adatharmonizáció alapjául, azonban vonatkozó leírások hiányában a nemzetközi rendszert vettem alapul. A WRB szerinti osztályozás minden európai talajadatbázisnak része kell legyen, mely nemzetközi összehasonlításra, integrálásra van szánva, így a hazai talajtípusok korrelálása erre a rendszerre történt.

2.6.1. FAO Útmutató a talajok leírásához

A nemzetközi harmonizálási törekvéseket támogatva jött létre a FAO Útmutató a talajok leírásához (FAO Guidelines for Soil Description) (2006), mely a hasonló című 1990-es kiadás korszerűsített, bővített változata. A korábbi kiadvány mellett többek között merít a Útmutató a talajok leírásához és mintázásához (Field Book for Describing and Sampling Soils) (Schoeneberger és mtsai., 2002) című amerikai kiadványból, mely egy útmutató a talajok leírására és az Amerikai Egyesült Államok Talajvédelmi Szolgálatának munkáját célzott megkönnyíteni, azt egységes alapokra helyezni.

Célja egy olyan keretrendszer biztosítása, amely útmutatóul szolgál a talajok leírásához, mindezt úgy, hogy minden adatot rögzít, amely a WRB szerinti osztályozáshoz szükséges. Kitér a helyszíni leírás minden részletére, így a talajképző tényezők, talajfelszín és genetikai szintek tulajdonságainak leírására. Tartalmaz információt a genetikai szintek elnevezéséről továbbá a tulajdonságok megjelenéséről a diagnosztikai szemléletű rendszerben.

2.6.2. A Világ Talaj Referenciabázis

A Világ Talaj Referenciabázis (World Reference Base for Soil Resources (WRB)) létrehozása az Élelmészügyi és Mezőgazdasági Világszervezet (Food and Agriculture Organization, FAO) és az Egyesült Nemzetek Nevelésügyi, Tudományos és Kulturális Szervezetének (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, UNESCO) kezdeményezésére a Nemzetközi Talajtani Társaságnak (International Society of Soil Science, ISSS (ma már International Union of Soil Sciences, IUSS)) és az Egyesült Nemzetek Szervezetének Környezetvédelmi Programjának (United Nations Environment Programme, UNEP) támogatásával kezdődött meg.

A végső cél a globális léptékben elismert fő talajcsoportok definiálása, valamint a meghatározásukra és elkülönítésükre szolgáló módszertan kidolgozása volt. A rendszer egyik alapfeladata egy olyan keretrendszer biztosítása, amely lehetővé teszi a meglévő nemzetközi és nemzeti osztályozási rendszerek egy platformra való emelését (Deckers és mtsai., 2000). Alapjaiban jelentősen támaszkodik az 1:5.000.000 Világ Talajtérképe (FAO-UNESCO 1974; FAO 1988) című kiadványra. A rendszert 1998-ban a Nemzetközi Talajtani Unió Világkongresszusa Montpellier-ben elfogadta, mint a talajosztályozás közös nyelvét (Nachtergaele és mtsai., 2000), emellett az Európai Unióban a harmonizált talajtérképek és adatbázisok hivatalos rendszerévé vált (Jones és mtsai., 2005; Spaargaren, 2008).

A rendszer alapját az osztályozó kulcs által meghatározott referencia csoportok (32) képezik. Ezek a referencia csoportok a diagnosztikus szintek, tulajdonságok és anyagok jelenléte vagy hiánya által kerülnek definiálásra. Az alsóbb szinten úgynevezett minősítőket határoztak meg, melyek prioritási sorrendben kerülnek felsorolásra. A minősítők elő- és utótag minősítők lehetnek aszerint, hogy a referenciacsoport megnevezés elé vagy mögé kerülnek. A minősítők kiegészíthetők specifikáló előtagokkal, melyek a minősítő által meghatározott jellegzetesség megjelenési mélységére vagy kifejlődésének mértékére utal. A WRB 1998-as első kiadását 8 év intenzív tesztelés után a 2006-os, majd a 2007-es verzió követte. Előbbi nagyobb változtatásokat tartalmazott, így például két új referenciacsoport és több mint 50 új minősítő bevezetését, míg utóbbi lényegi változást nem, csupán kiegészítéseket tartalmazott, minősítőket vezetett be egyes referencia csoportokhoz. 2010-ben kiegészítésként jelent meg a kis méretarányú térképek létrehozásához ajánlott jelmagyarázat útmutatója. Ebben a kiegészítésben a minősítőket újrastrukturálták fő térképezési és opcionális térképezési minősítőkre (FAO/ISRIC/ISSS, 1998; IUSS Working Group WRB 2006, 2007, 2010).

A WRB megjelenése óta több tanulmány született, melyek nemzeti osztályozási rendszerek korrelálási lehetőségeit tárgyalják WRB referencia csoportokra, vagy a rendszert önmagában vizsgálják numerikus módon, vagy egyes referencia csoportokat különböző paramétereik

alapján. A nagyszámú publikáció miatt itt csak néhány, a téma szempontjából jelentősebbet emelek ki.

2.6.3. Nemzeti talajosztályozási rendszerek korrelálása a WRB-vel

Sladkova (2010) a megújított cseh osztályozási rendszer egyes típusainak, altípusainak és változatainak korrelálhatóságát bizonyította csehországi mintaterületen. Zadorova és Penizek (2011) munkájukban szintén a cseh osztályozás és a WRB közötti harmonizálhatóságot vizsgálták 433 talajszelvényen. Eredményeik alapján egyes típusok jobban, míg mások kevésbé jól korrelálhatók köszönhetően egyes morfológiai tulajdonságok különböző osztályozási szinten való megjelenésének.

Shi és munkatársai (2010) hasonló munkát végeztek el a kínai osztályozással, közel 8000 talajszelvény segítségével, ahol megállapították, hogy a korrelálhatóság egyes osztályok esetében igen nagymértékű (100%) míg mások esetében ennél jelentősen rosszabb eredmény (29%) tapasztalható. Gerasimova (2010) munkájában szintén a kínai osztályozást vizsgálta az Egyesült Államok osztályozási rendszerével és a WRB-vel összehasonlítva azt. Gerasimova és Khitrov (2012) lengyel mintaterületen tesztelte a WRB, az amerikai és az orosz osztályozási rendszert. Vizsgálataik alapján kiderült, hogy az „elterjedtebb” talajok esetében a korrelálás meglehetősen jól működött, míg poligenetikus talajok esetében ez kevésbé volt elmondható. Az orosz osztályozási rendszer és a WRB diagnosztikai szintjeinek vizsgálata alapján Lebedeva és Gerasimova (2012) megállapította, hogy az osztályozás felső szintjén a két rendszer a diagnosztikus szintek alapján nagy hasonlóságot mutat.

Esfandiarpour és munkatársai (2013) a WRB és az amerikai osztályozási rendszer közötti korrelálhatóságot, illetve azok használhatóságát vizsgálták kalcium-karbonátban gazdag talajokon, megállapítva, hogy a WRB jobb leírást ad a talajokról, azonban a jó korrelálhatósághoz egyes definíciókat módosítani kellene a rendszerekben. Morand (2013) hasonló vizsgálatokat tett ausztráliai mintaterületen, az ausztrál osztályozási rendszert is bevonva a vizsgálatokba. Vizsgálatai alapján megállapította a WRB könnyebb terepi alkalmazhatóságát, ugyanakkor azt is kimondta, hogy több esetben a nemzeti osztályozás szerint egy típusba tartozó szelvények nem csupán egy, hanem több WRB referencia csoportnak voltak megfeleltethetők, akár csak amerikai osztályoknak.

Hazánkban Michéli és munkatársai (2006) és Krasilnikov és munkatársai (2009) közöltek átfogó tanulmányt a hazai talajtípusok és a WRB közötti korrelálhatóságról, megállapítva, hogy a hazai típusok és a WRB referencia csoportok között egy-egy arányú megfeleltetés nem lehetséges. Ezek mellett egyes típusokra fókuszáló tanulmányok is születtek: Fehér és munkatársai (2006) vulkáni kőzetek kialakult talajokat, Madarász és munkatársai (2013) az erubáz talajokat

korrelálták, megállapítva, hogy azok különböző WRB referenciacsoportokba kerülnek osztályozásra. Barta és munkatársai (2009) hasonló következtetésekre jutottak hazai rendzina talajok vizsgálatánál. Bertóti és Dobos (2013) a lejtőhordalék talajokat korrelálták és vizsgálták WRB és jelenlegi hazai osztályozásunk segítségével, megállapítva, hogy a WRB jobban kifejezi adott talaj jelentős tulajdonságait. A fenti tanulmányok többsége terepi tapasztalatokra, egyes szelvények több osztályozási rendszerbe való besorolásába, majd annak értékelésére korlátozódik, numerikus, vagy automatizált módszerek ezek közt nem találhatók. A bemutatott tanulmányok alapján megállapítható, hogy a WRB diagnosztikai kritériumainak kielégítéséhez szükséges nagy mennyiségű adat sok esetben nem áll rendelkezésre, főleg archív adatbázisokban. Ezek hiányában azonban a korreláció is nehézkes.

Ennek egyik jó példája Eberhardt és Waltner (2010) munkája, melyben automatizálható módszert javasoltak német és magyar adatbázisok példáján. A munka során 7 fő problémaforrást állapítottak meg, úgy mint a hiányzó adatok, különböző analitikai módszerek, osztályhatárok eltérése osztályozott tulajdonságoknál, közelítő értékek pontatlansága, a felvételezők eltérő stílusa a leírásokban, morfogenetikus szintek és a diagnosztikus szintek nem pontos megfeleltethetősége (mélységi megjelenés problémái), illetve a mélységi adatok tárolásának problémái. A javasolt módszertan egy ideális, hiánytalan és teljes adatbázis esetén lehetőséget nyújtana korlátlan mennyiségű talajszelvény osztályozására. A hátránya viszont éppen abban rejlik, hogy érzékeny a bemeneti állomány minőségére, továbbá minden egyes (nemzeti) adatbázisra az algoritmusokat újra kell írni, ami meglehetősen időigényes folyamat.

Az eSOTER FP7-es projekt keretein belül a térképezéshez bemenetként szolgáló, különböző nemzeti adatbázisokból összeállított adatbázis esetén egyszerűsített algoritmusokat használtunk a talajszelvények újraosztályozására, így WRB-re való korrelálására (Michéli és mtsai., 2011).

Hazai vonatkozású vizsgálatainkban (Waltner és mtsai., 2012) négy kiválasztott adatbázist vizsgáltunk meg a rendelkezésre álló adatok és a WRB-re való korrelálhatóság alapján. Az adatbázisok módszertana és a WRB kritériumok alapján egyszerűsített algoritmusokat hoztunk létre WRB diagnosztikus tulajdonságok és csoportok származtatására. Megállapítottuk, hogy a hazai adatbázisok korlátozottan ugyan, de beilleszthetők nemzetközi WRB alapú adatbázisokba az egyszerűsített algoritmusok segítségével.

Minasny és munkatársai (2010) a talajok sokféleségét vizsgálták globális szinten. Választott tulajdonságok mellett vizsgálták a csoportok hasonlóságát numerikus módszerekkel. A módszer lehetőséget nyújtott a kvantitatív vizsgálatokra, azonban az saját megállapításaik alapján is finomításra szorult. Mindemellett a tanulmány sikeresen vezette be a numerikus taxonómiai távolság számítást a nemzetközi osztályozási rendszerek vizsgálatába.

3. FELHASZNÁLT ANYAGOK

A munka, melynek jelentős része az adatok harmonizálását, illetve azok új struktúrába illesztését tűzte ki célul, több hazai és nemzetközi rendszeren és adatbázison alapult. E kiadványok képezték a kutatás törzsanyagát így ezek egyenkénti részletesebb ismertetése mindenképpen szükséges a munkafolyamat ismertetéséhez.

3.1. A magyar genetikai és talajföldrajzi osztályozási rendszer

A korábban, az irodalmi feldolgozásban már bemutatott magyar genetikai és talajföldrajzi osztályozási rendszer adta a talajosztályozásra vonatkozó adatharmonizációs munkáknak az alapját (Szabolcs, 1966; Stetanovits, 1981). A munka során a rendszer elemeit a WRB rendszerére korreláltuk.

3.2. A megújítás alatt álló magyar osztályozási rendszer

A megújítás alatt álló magyar osztályozási rendszer - mely az irodalmi feldolgozásban már szintén részletezésre került - osztályozó kulcsa az archív adatok kovertálásánál kapott jelentős szerepet, majd az automatizált osztályozó algoritmussal létrehozott adatbázis szolgáltatta az osztályozási rendszer alacsonyabb szintjeinek fejlesztéséhez használt adatokat (Michéli és mtsai, 2013a).

3.3. Világ Talaj Referenciabázis (WRB)

A WRB-t a hazai osztályozási rendszer(ek) nemzetközi megfeleltetéséhez használtam. A hazai típusokat erre a talajosztályozási rendszerre korreláltam a nemzetközi harmonizálás érdekében. A rendszer az irodalmi feldolgozásban került részletezésre (IUSS Working group, 2006).

3.4. FAO Útmutató a talajok leírásához

Az adatok harmonizálásához a hazai talajosztályozási rendszer részeként bemutatott „Javaslat helyszíni talajfelvételezés általános módszertanára” (Szabóné Kele, 2013a) mellett ez a kiadvány szolgáltatta az alapot (FAO, 2006). A rendszert korábban az irodalmi feldolgozás fejezetben részleteztem.

3.5. Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer (TIM)

Az irodalmi feldolgozásban már korábban bemutatott rendszer előnye, hogy egységes módszer alapján készült el és a laboratóriumi vizsgálatok is limitált számú akkreditált laboratóriumban kerültek kivitelezésre szabvány módszerek segítségével. Ezek alapján hazánkban a legegységesebb és legrészletesebb adatbázisnak tekinthető (TIM, 1995). A megújítás alatt álló

magyar osztályozási rendszer vizsgálata és a WRB-vel való korrelálhatósági vizsgálatok magyar vonatkozású adatai a TIM-re épültek.

3.6. Világ Talajainak Emisszió-potenciál Nyilvántartása (WISE)

A WISE-t (World Inventory of Soil Emission Potentials database 3.1) az irodalmi feldolgozásban már említettem, ezért itt csak a releváns információkat részletezem. Az adatbázis 149 ország több mint 10000 talajszelvényére vonatkozóan tárol adatokat. Ezek mindegyike a WRB szerinti osztályozási információt is tartalmaz a laboratóriumi és leíró adatok mellett. A WRB-vel való korrelálhatósági vizsgálatok alapadatait a WISE 3.1 szolgáltatta (Batjes, 2008).

3.7. Az Amerikai Egyesült Államok Talajvédelmi szolgálatának pontadatbázisa (NASIS) (USDA-NRCS NASIS point database)

Az irodalmi feldolgozásban szintén tárgyalt adatbázist az adatstruktúra modell megalapozásához használtam fel. Az adatbázist elsősorban a strukturális felépítésének, előnyeinek, hátrányainak vizsgálatára használtam. Emellett mivel az adatbázis alkalmas genetikai szintenként több ugyanolyan morfológiai bélyeg tárolására is, azt is tanulmányoztam, hogy egyes morfológiai bélyegeket milyen részletesen rögzítenek az amerikai talajvédelmi szolgálat talajtani szakemberei (<http2>).

3.8. Python programnyelv (3.x verzió)

Az adatok ellenőrzésének, illetve az adatok harmonizálásának automatizálásához a Python programnyelvet választottam. Elsősorban könnyű átláthatóságának (olvashatóságának) és a nagy adatmennyiségekkel való gyors és hatékony munkavégzésének köszönhetően.

A Python általános célú programozási nyelv, melyet 1991-ben hozott nyilvánosságra Guido van Rossum programozó. Az elmúlt két évtizedben a nyolc legnépszerűbb programnyelv egyike lett. Kedvező memóriahasználatának köszönhetően a nagy mennyiségű adattal való munkát is gyorsan és hatékonyan lehet elvégezni vele. Emiatt is használják széles körben nagy adatbázisokkal való munkára.

A tudományos programozásban is egyre nagyobb teret hódít a SciPy és NumPy csomagoknak köszönhetően. Maga a nyelv tervezési filozófiája az olvashatóságra, ily módon a programozói munka megkönnyítésére összpontosít. Az értelmező számos operációs rendszerre elkészült, emellett a kiegészítő könyvtárak intenzív bővülésével egyre több tudományterület számára kínál eszközt ennek köszönhetően széleskörűen alkalmazható (<http3>).

3.9. Microsoft Office Access

Az adatbázisszerkezet felépítését MS Access használatával végeztem el. A szoftvercsomag mellett elsősorban a könnyű, kezdő felhasználók számára is tanulható kezelhetőség miatt döntöttem. Emellett lehetőség van nyílt forráskódú, ingyenes szoftverekkel is megnyitni az Access alapértelmezett formátumot, így az mindenki számára elérhető. Amennyiben az adatbázis eléri az Access-ben való kezelhetőség határait segédprogramokkal könnyen exportálható MySQL vagy egyéb formátumba.

A program különböző kapcsolati táblákban képes tárolni az adatokat, ezzel lehetővé téve az egyes adatok külön táblákba való csoportosítását. A táblák közötti kapcsolatrendszer pedig lehetővé teszi a több táblára kiterjedő lekérdezések futtatását.

4. ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

4.1. Archív adatok minősítése, szűrése és modern adatbázis struktúrába konvertálása

Hazánk jelentős mennyiségű archív talajadattal rendelkezik. Ezek mind korban, módszerben, célban és minőségben eltérőek. Szükséges azonban ezek egy, több forrásból származó adat befogadására alkalmas adatstruktúrába való integrálása. Ennek mindenképpen előfeltétele az adatok ellenőrzése, a hibák kiszűrése, javítása. A doktori munka első részében ennek a minőségellenőrzési folyamatnak a kidolgozása volt a cél.

4.1.1. Minőségellenőrzési módszerek

A minőségellenőrzéshez tesztadatbázisként a TIM szolgált, az ellenőrző algoritmusokat (funkciók) pedig Python környezetben írtam. A különböző minőségellenőrzési algoritmusok közül határértékek, inkonzisztens értékek és adatkapcsolat ellenőrzését végeztem el egyes talajparamétereken, paraméter csoportokon. A program megírásánál figyelembe vettem a nemzetközi adatbázisokban használt funkciókat. Emellett a TIM és a hazai osztályozási és terepi útmutató sajátosságaira épülő algoritmusokat is létrehoztam.

4.1.2. Leíró adatok harmonizálásának módszere

Az adatok ellenőrzése mellett fontos azok harmonizálása egy leíró és/vagy osztályozási rendszerre. Erre jó alapot szolgált a megújítás alatt lévő hazai osztályozási rendszer és az ahhoz kapcsolódó terepi útmutató, illetve a nemzetközi harmonizálásra készült WRB illetve FAO Útmutató a talajok leírásához.

Az archív leíró adatokat, morfológiai jellemzőket a javasolt útmutató alapján viszonylag könnyen lehet konvertálni az új rendszerbe. A javasolt útmutató nagymértékben harmonizál a nemzetközi rendszerekkel is, így az már könnyen korrelálható a nemzetközi adatbázisokkal, kutatásokkal.

A korreláláshoz is Python környezetet használtam. Mivel a TIM szolgált a tesztadatbázist így elsősorban a TIM módszerkönyvben megjelenő leíró adatok konvertálására készültek funkciók. A morfológiai bélyegek, diagnosztikus szintek, helyszín leírások a javasolt útmutató és a FAO Útmutató a talajok leírásához rendszerére lettek korrelálva.

4.1.3. Laboratóriumi adatok harmonizálásának módszere

A laboratóriumi módszerek, illetve az azok közötti konvertálást megkönnyítő faktorok leírása az adatbázis fontos része, ezért azok integrálását abban a fejezetben tárgyalom.

4.1.4. Talajosztályozásra vonatkozó adatok korrelálásának módszere

A harmonizálási munka egyik legproblémásabb része a talajosztályozási rendszerek közötti harmonizálás. A legtöbb esetben nem létezik egy egy arányú korrelálás rendszerek csoportjai között. Ez alatt azt kell érteni, hogy két rendszer (főleg ha egy genetikai és egy diagnosztikus szemléletű rendszer közötti hasonlításról van szó) csoportjainak tagjai nem mind fognak megfelelni egy másik rendszer csoportkövetelményeinek. Így egy csoport, mely egy rendszerben populációt alkot, egy másik rendszerben szegregálódik és több populációt alkot.

Minden egyes pedon egyenkénti újraosztályozása rendkívül idő és emberi erőforrás igényes, így szükséges az újraosztályozás automatizálása. Ez mind a javasolt osztályozási rendszerre való korrelálás, mind a WRB-re való korrelálás esetében igaz. Michéli és munkatársai (2011) és Waltner és munkatársai (2012) egyaránt magyar adatbázisokra, így a TIM-re, a Kreybig adatbázisra és továbbiakra dolgozott ki olyan egyszerűsített algoritmusrendszert, mely lehetővé teszi a WRB diagnosztikus szintek, anyagok és tulajdonságok származtatását, majd azok alapján az újraosztályozást.

Ehhez hasonló osztályozórendszert hoztam létre Python környezetben a javasolt magyar osztályozási rendszer alapján. A diagnosztikus rendszer lehetővé teszi a valós osztályozással nagymértékben megegyező eredményt adó automatikus osztályozást, az osztályozókulcs programnyelvre fordításával. A program lehetővé teszi az archív adatok gyors és hatékony újraosztályozását így azok korrelálását a modern rendszerre.

A WRB esetén egy ilyen algoritmusrendszer felépítésével próbálkozott német talajadatok felhasználásával Eberhardt és Waltner (2010). A WRB rendszere azonban annyira bonyolult és adatigényes, hogy a hazai adatbázisok ezt nem tudják kielégíteni. Alternatív megoldást kínál az úgynevezett taxonómiai távolság számítás, amely lehetővé teszi adott csoportok matematikai távolságának, azaz hasonlóságának vizsgálatát választott változók mentén. A változók, mind valós laboratóriumi adatok, bináris jellemzők, elméleti a talajosztályozási rendszer definícióit követő súlyozott értékek lehetnek. Mind a jelenleg használatban lévő, mind a javasolt osztályozási rendszer esetében megvizsgáltam a módszer használhatóságát korrelálási feladatokra. A módszer nem ismeretlen a talajtan tudományban, Hole és Hironaka (1960) nevéhez fűződik az első kutatás a témában, melyet a múlt század derekán számos kutatás követett (Bidwell és Hole, 1964a,b; Sarkar és mtsai., 1966; McBratney és mtsai., 2000), elsősorban helyi adatokra alapozva, korlátozott kiterjeszhetőséggel. A kétezres évek elején Minasny és McBratney (2007, 2010) az ausztrál osztályozásra, majd a WRB rendszerére alkalmazta az egyes egységek jelentésbeli tartalmának összehasonlítására. Az ausztrál talajok esetében számításaikat valós talajadatokkal végezték, a WRB esetében pedig 21 elkülönítő

tulajdonság alapján kódolták a referencia csoportokat. A kódolás alapja a tulajdonságok jelenléte (1) vagy hiánya (0). Ezek az elkülönítő tulajdonságok jellemző talajképző tényezőket, illetve folyamatokat reprezentáltak. Az eredményül kapott mátrix alapján, elvégezhető a csoportok matematikai hasonlítása. A módszer az ún. „koncepció alapú” taxonómiai távolság számítási módszer nevet kapta.

4.1.4.1. A hazai barna erdőtalajok WRB referencia csoportokkal való korrelálásának folyamata taxonómiai távolságszámítás módszerével

A korrelálás során két módszert teszteltük:

1. koncepció alapú, ami azt jelenti, hogy a kiválasztott jellemző elkülönítő tulajdonságok mentén lettek kódolva a kiválasztott talajtípusok
2. centroid alapú, mely során mért, laboratóriumi adatok alapján történt a csoportok hasonlítása.

A módszereket a hazai barna erdőtalajok (BET) mintáján mutatom be. A BET típusokat választott WRB referencia csoportokkal korreláltuk a fent említett két módszer alapján. Az eredményeket pedig a korábban a két rendszer közötti harmonizálást tárgyaló szakirodalom eredményeivel hasonlítottuk össze (Michéli és mtsai, 2006).

4.1.4.1.1. Koncepció alapú módszer

A taxonómiai távolság számítás alapja egy tulajdonságmátrix, ahol a 7 BET típus és a választott 13 WRB referencia csoport a jellemző elkülönítő tulajdonságok mentén van kódolva. A jellemző elkülönítő tulajdonságokat a WRB-ban (2006) megfogalmazott úgynevezett egyszerűsített kulcs alapján választottuk ki. Ezek a tulajdonságok az ott megfogalmazott folyamatokat, folyamattársulásokat reprezentálják. A WRB kulcs egyes jellemzőket alacsonyabb szinten kezel, mint a hazai osztályozás, például a kovárványosodást. Ezen tulajdonságok megjelenésének reprezentálására a WRB egyszerűsített kulcsban nem megjelenő elkülönítő tulajdonságokat kiegészítettük azokkal, amelyek a hazai osztályozásban nélkülözhetetlenek a típusok elkülönítéséhez. Az így kiválasztott elkülönítő tulajdonságok a 3. táblázatban találhatóak, a jellemző talajképző tényezőkkel és folyamatokkal, továbbá a később tárgyalt centroid módszer paramétereivel együtt.

3. táblázat. A koncepció alapú taxonómiai távolságszámításhoz használt elkülönítő tulajdonságok és az azok alapján származtatott mért tulajdonságok (centroidok) a jellemző talajképző tényezők és folyamatok függvényében

WRB referencia csoportok és BET típusok	Jellemző talajképző tényezők és folyamatok	Fő elkülönítő tulajdonságok	Fő elkülönítő tulajdonságok alapján származtatott centroidok
Podzol (PZ)	Durva szövet, erős kilúgzás és savanyodás, podzolosodás	Alacsony bázistelítettség, szeszkvioxidok és szervesanyag felhalmozódás a B szintben	pH min: a szelvény legalacsonyabb pH értéke Homok% 0-100: Homoktartalom átlaga a felső 100 cm-ben
Planosol (PL)	Egy jelentősen finomabb szövetű szint jelenléte egy durvább szövetű szint alatt Pangóvíz jelenléte	Hirtelen textúraváltás és pangóvíz glejes színmintázat	Agyag max/Agyag 0-30: A maximális agyagtartalommal rendelkező szint agyagtartalmának és a felső 30 cm agyagtartalmának hányadosa
Stagnosol (ST)	Pangóvíz jelenléte	Pangóvíz glejes színmintázat	A WISE adatbázis (v3.1) nem tartalmazza a referencia csoportot, így azt a centroid számításokból kihagytuk
Chernozem (CH)	Szervesanyag és CaCO ₃ felhalmozódás	Közepes, magas szervesanyagtartalom és magas bázistelítettség CaCO ₃ jelenléte a felső 1 m-ben	SzSz% 0-30: Szerves szén tartalom a felső 30 cm-ben B% 0-30: Bázistelítettség a felső 30 cm-ben Mélység CaCO ₃ >15%: Az első szint mélysége, mely több mint 15% CaCO ₃ -t tartalmaz
Kastanozem (KS)	Szervesanyag és CaCO ₃ felhalmozódás szárazabb klíma	Közepes, magas szervesanyagtartalom és magas bázistelítettség CaCO ₃ jelenléte a felszínen vagy a felszínközélen	SzSz% 0-30 B% 0-30 Mélység CaCO ₃ >15%
Phaeozem (PH)	Szervesanyag felhalmozódás, és kilúgzás, és nedvesebb klíma	Közepes, magas szervesanyagtartalom és magas bázistelítettség	SzSz% 0-30 B% 0-30 Mélység CaCO ₃ >15%
Calcisol (CL)	CaCO ₃ felhalmozódás, és száraz klíma	CaCO ₃ a felszínen vagy a felszín közelében	CaCO ₃ max: Maximális CaCO ₃ tartalom a szelvényben (%) Mélység CaCO ₃ >15%

WRB referencia csoportok

			Agyag max/Agyag 0-30 CEC @ agyag max: A maximális agyagtartalommal rendelkező szint kationcserekapacitása B% 50-100: bázis telítettség 50-100cm között
	Alisol (AL)	Agyagbemosódás, nagy aktivitású agyagásványok, kilúgzás és savanyodás	Agyagfelhalmozódási szint, nagy kationcserekapacitású agyagásványokkal alacsony bázistelítettség
	Luvisol (LV)	Agyagbemosódás, nagy aktivitású agyagásványok, kilúgzás	Agyag max/agyag 0-30 CEC in agyag max B% 50-100
	Umbrisol (UM)	Szervesanyag felhalmozódás, és kilúgzás és savanyodás	Közepes, magas szervesanyagtartalom és alacsony bázis telítettség Szsz% 0-30 B% 0-30
	Arenosol (AR)	Homok textúrájú talajképző közet	Homok textúra Homok% 0-100
	Cambisol (CM)	Gyenge fejlettség	Gyengén fejlett szelvényfelépítés Agyag max/Agyag 0-30
BET típusok	Csernozjom BET (CBET)	Szervesanyag felhalmozódás, és gyenge kilúgzás, agyagbemosódás lehetősége és nagy aktivitású agyagásványok képződése	Közepes, magas szervesanyagtartalom és Agyagfelhalmozódási szint, nagy kationcserekapacitású agyagásványokkal magas bázistelítettség
	Barnaföld (BF)	Kilúgzás és gyenge talajfejlődés	Gyengén fejlett szelvényfelépítés Agyag max/agyag 0-30 Mélység CaCO ₃ >15%
	Agyagbemosódásos BET (ABET)	Agyagbemosódás, nagy aktivitású agyagásványok, kilúgzás	Agyagfelhalmozódási szint, nagy kationcserekapacitású agyagásványokkal magas bázistelítettség Agyag max/agyag 0-30 CEC @ agyag max B% 50-100
	Podzolos BET (PBET)	Savanyodás és általában gyenge podzolosodás	Alacsony bázistelítettség szeszkvioxidok jelenlétének lehetősége pH min Homok % 0-100
	Pangóvízes BET (SBET)	Pangóvíz jelenléte, és agyagfelhalmozódás, és nagy aktivitású agyagásványok, és kilúgzás	Pangóvízes színmintázat, és Agyagfelhalmozódási szint, nagy kationcserekapacitású agyagásványokkal Agyag max/agyag 0-30 CEC @ agyag max: B% 50-100
	Kovárványos BET (KBET)	Agyagfelhalmozódás kovárványcsíkok formájában, és homokszövet nagy aktivitású	Kovárványcsíkok, Homok textúra Homok % 0-100 Agyag max/agyag 0-30

	agyagásványok, kilúgzás		
Savanyú nem podzolos BET (NBET)	Erős elsavanyosodás, és a felszín alatti szintek gyenge fejlettsége	Alacsony bázistelítettség	B% 0-30

A 19 talajtípust a 13 elkülönítő tulajdonság mentén kódoltuk. A kódolás során a Minasny és munkatársai (2010) által bevezetett korábban tárgyalt kódolást (a tulajdonság jelen van/nincs jelen) tovább finomítva bevezettünk egy köztes értéket, így a kódok jelentése a 4. táblázat szerint módosult. A kódolás után kaptuk meg a távolságszámításhoz használt tulajdonságmátrixot (9. táblázat).

4. táblázat. A talajtípusok kódolására szolgáló értékek és azok definíciói

Érték	Definíció
0	Elkülönítő tulajdonság nincs jelen
0.5	Elkülönítő tulajdonság jelenléte lehetséges
1	Elkülönítő tulajdonság definíció szerint kritérium

4.1.4.1.2. Centroid alapú módszer

A módszer során a fentiekben tárgyalt elkülönítő tulajdonságokat megpróbáltuk valamely mért paraméterrel/paraméterekkel, vagy azokból származtatott értékkel leírni (7. táblázat). Az így meghatározott 9 paraméterre a meglévő és korábban tárgyalt adatbázisok alapján (TIM, WISE 3.1), úgynevezett centroid értékeket számoltunk. A számítás során minden egyes talajszelvény meghatározott mélységére súlyozott átlag segítségével kiszámoltuk a centroid értékeket, majd azok átlagát véve kaptuk meg a típus centroidját.

4.1.4.1.3. Taxonómiai távolság számítása

A talajtípusok közötti távolság mind a koncepció, mind a centroid alapú módszer esetében Mahalanobiszi távolság számítással számítottuk az R szoftver (R Development Core Team, 2009), HDMD (McFerrin, 2013) csomagjának segítségével.

$$d_{ij} = ((\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j)^t \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j))^{1/2},$$

ahol d_{ij} a D távolságmátrix eleme, ami $c \times c$ méretű, c a talajtípusok mennyisége. \mathbf{S} reprezentálja a kovariancia mátrixot, d_{ij} pedig a taxonómiai távolság i és j talajtípus között. Az \mathbf{x} a változók vektorának jelölésére szolgál.

4.1.4.2. A hazai talajtípusok korrelálása a javasolt hazai osztályozás típusaira

A javasolt hazai talajosztályozási rendszer osztályozó kulcsa alapján Python környezetben létrehozott algoritmus sorozattal származtattam a javasolt típusokat. Az osztályozó algoritmus a laboratóriumi adatoknak ad prioritást, azok nagyobb megbízhatósága miatt (akkreditált laboratóriumi méréseknek köszönhetően). Az osztályozó algoritmus nagy mértékben követi a definíciókat, köszönhetően a jól definiált, egyszerű diagnosztikus rendszernek.

4.2. Modern adatstruktúra modell létrehozása

Az ingyenesen elérhető adatbázisok használata és vizsgálata után, az amerikai NASIS adatbázis és az „európai” talaj adatbázis struktúráknak megfelelő WISE adatbázis előnyeinek integrálásával egy hatékony, a kor kívánalmainak megfelelő adatstruktúra alapjait fektettem le MS Access program használatával. A rendszer alkalmas a különböző forrásból származó adatok tárolására és könnyen lekérdezhető gyakorlatlan felhasználó számára is.

4.3. A javasolt hazai osztályozási rendszer alacsonyabb szintjeinek fejlesztése, számszerűsítéséhez alkalmazott statisztikai módszerek

A célkitűzésben megfogalmazottak teljesítésének előfeltétele volt az osztályozó algoritmus létrehozása. Az alacsonyabb szintek fejlesztése mellett, lehetőség volt megvizsgálni azt is, hogy a különböző talajosztályokhoz kötött osztályozó funkciók kulcsbeli helyzetének változtatásával hogyan változik az osztályokba kerülő szelvények eloszlása, hol szükséges további kizáró kritériumok rögzítése.

Az osztályozó algoritmus segítségével javasolt típusokba sorolt TIM felhasználásával adatbázis szinten volt lehetőség megvizsgálni az új osztályokon belüli elsődleges elkülönítő tulajdonságokat. Ehhez elsősorban a klaszterezés és egyéb matematikai módszerek nyújtottak segítséget, pl a főkomponens és Silhouette analízis.

4.3.1. Silhouette analízis

Silhouette analízis (Rousseeuw, 1987) során a klasztereződés erősségét vizsgáljuk, illetve, hogy egy egyed milyen erős tagsággal rendelkezik adott klaszterben. A Silhouette analízis az alábbiak szerint kerül levezetésre:

$$SW_i = (b_i - a_i) / \max(a_i, b_i);$$

ahol a az átlagos távolság i pont és az i pont klaszterének többi egyede között, míg b az átlagos távolság i pont és a többi klaszter egyedei között, így minden esetben:

$$-1 < SW_i < 1$$

Az SW_i az alábbiak szerint értelmezhető:

- 0,71 – 1,00 erős kapcsolat (jó klasztereződés)
- 0,51 – 0,70 mérsékelt kapcsolat
- 0,26 – 0,50 gyenge kapcsolat
- $\leq 0,25$ nincs kapcsolat (a klasztereződés nem valós)

4.3.2. Főkomponens analízis

Főkomponens analízis (Pearson, 1901) során a változók kovariancia struktúráját a legkevesebb számú lineáris kombinációval írjuk, le miközben a lehető legkevesebb adatot veszítjük el. Az első főkomponens az a lineáris kombináció (egyenes), amely mentén az adatok (pontfelhő) szóródása a legnagyobb. Az erre merőleges irányok mentén határozzuk meg a további főkomponenseket, melyek száma maximálisan a változók száma lehet.

4.3.3. k-közép klaszterezés

Klaszterezéshez az egyszerű k-közép klaszterezést használtam (MacQueen, 1967). A módszer a felhasználó által rögzített számú klaszterekbe rendezi az egyedeket egyszerű euklideszi távolság alapján. A módszernek több levezetése is van a használt szoftvercsomag alapján a klaszterezés az alábbiak szerint történik (Hartigan és Wong, 1979):

$$SS(k) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_{kj})^2$$

ahol k a klaszter, x_{ij} a j változó értéke az i mintapont esetén és \bar{x}_{kj} a j változó átlaga a k klaszteren belül.

A klaszterezés az alábbi lépésekben zajlik:

1. Centroidok inicializálása
2. Mintapontok klaszterhez rendelése
3. Klasztercentroidok újraszámítása
4. A centroidok változásáig 2-3 pont ismétlése.

4.3.4. Felhasznált adatok

A TIM adatbázisból a létrehozott osztályozó algoritmus alapján Agyegbemosódásos talajoknak sorolt talajszelvényeken teszteltem a fent részletezett módszereket.

A módszerek teszteléséhez bemeneti adatként több lehetőséget is megvizsgáltam. Így a genetikai szintek alapján súlyozott átlaggal számított talajrétegeket, továbbá különböző görbeillesztési

módszereket. Lance és Williams (1967) és Moore és mtsai. (1972) már a múlt század derekán rávilágított a görbék lehetséges használatára.

Moore és munkatársai alkalmaztak először polinomiális egyenleteket, az úgynevezett anyageloszlási görbék leírására, majd a koefficiensek segítségével vizsgálták a talajok közötti hasonlóságokat. A polinomok illesztésének pontossága azonban nagymértékben függött a szelvényen belüli változatosságtól, így egyes esetekben meglehetősen jó, máskor rossz illesztéseket sikerült a polinomokkal létrehozniuk. Ezek alapján későbbi munkákban volt aki a módszert elvetette (Campbell és mtsai., 1970), ugyanakkor Colwell (1970) adaptálta a technikát.

4.4. Talajtérképek létrehozása modern terepi felvételezési módszerek és tematikus talajtérképek használatával

A célkitűzésben megfogalmazottak motivációja a digitális talajtérképezési prioritások megváltozása, mely a talajtípus térképektől a tematikus térképek irányába való elmozdulást jelenti. Napjaink legnagyobb térképezési projektjei úgymint az African Soil Information Service (AfSIS, 2013) és a GlobalSoilMap (GSM) elsősorban a tematikus talajparaméterek térképezésre fókuszál. Egyik projektnek sem célja talajtípus-térkép létrehozása. A talajtípusok nagyobb információ-tartalma viszont vitathatatlan a tematikus információkkal szemben. A GSM specifikációja alapján kíséreltem meg talajosztályozási információt származtatni. Különböző módszereket vizsgáltam meg annak érdekében, hogy a specifikációk alapján javasolt magyar talajtípusokat származtassak a modellezett paraméterekből.

A specifikációk és a TIM alapján létrehoztam a javasolt magyar típusok centroidjait és a taxonómiai távolság számítás segítségével teszteltem, hogy a paraméterek alapján származtatható-e talajtípus információ. A taxonómiai távolság számítás során a Mahalanobis távolságot alkalmaztam. A vizsgálatok során 250 szelvényt random módszer segítségével kiválasztottam a tréning állománytól, ezek a szelvények szolgálták a módszer validálására. A 250 szelvény a minta 22 százalékát jelentette.

A taxonómia távolság számítás mellett az összes szelvény segítségével random forest (Breiman, 2001) módszerrel megvizsgáltam, hogy döntési fák segítségével milyen pontossággal osztályozhatók az egyes szelvények. A random forest lényege, hogy több, előre meghatározott számú osztályozó (döntési) fát hozunk létre, majd a vizsgált megfigyeléseket ezek alapján osztályozzuk. Minden egyes fa eredményét (az ismeretlen osztályú megfigyelés osztályát) rögzítjük és a végső osztály az lesz, mely a legtöbb esetben előfordult. Az osztályozó fák az alábbiak szerint kerülnek létrehozásra:

1. N megfigyelést tartalmazó gyakorló állomány kiválasztása

2. M változóból meghatározott számú m változó kiválasztása véletlenszerűen ($m < M$), minden egyes fához
3. a fa növesztéséhez legjobb m változók kiválasztása
4. fa növesztése a lehető legnagyobb mértékig (definiálható a maximális méret).

5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

5.1. Archív adatok minősítése, szűrése és modern adatbázis struktúrába rendezése

5.1.1. Minőségellenőrzés

A minőségellenőrzés a laboratóriumi adatokat illetve azok leíró paraméterekkel való kapcsolatát vizsgálja. A program egyenként ellenőrzi a szelvények minden egyes szintjét adott paraméterre kidolgozott módszer alapján. Az alábbiakban néhány példa alapján szemléltetem az egyes funkciók működését.

Az alábbi funkció a homok frakció mennyiségét ellenőrzi határérték alapján. A „#” szimbólum után a sorok magyarázata található. E szimbólum megjelenése a dolgozat további részében konzekvensen ezzel a jelentéssel bír.

```
def Sand_limits(horizon_data):
```

```
# funkció megnevezése, használandó adat behívása a memóriából
```

```
    for i in range(len(horizon_data)):
```

```
        # hatáskör definiálása
```

```
            if horizon_data[i]['Sand'] < 0 or horizon_data[i]['Sand'] > 100:
```

```
                # ellenőrzi, hogy a homok frakció értéke 0-100 közé esik, amennyiben igen, akkor a következő sort átlépi
```

```
                    horizon_data[i]['Sand'] = '-999.99'
```

```
                # amennyiben a homokfrakció nem adott értékek közé esik, az értéket felülírja a nincs adatnak megfelelő „-999.99” értékkel
```

```
            return horizon_data
```

```
        # adatok visszamentése a memóriába
```

A következő funkció a terepi pezsgésintenzitást leíró adatokat veti össze a laboratóriumi CaCO₃ tartalommal. A funkciók létrehozásánál a laboratóriumi adatok elsőbbséget kaptak a terepi adatokkal szemben, így azok lettek alapul véve a leíró adatok értékelésénél.

```
def Efferv_CaCO3_inc(horizon_data):
```

```
# funkció megnevezése, használandó adat behívása a memóriából
```

```
    for i in range(len(horizon_data)):
```

```
        # hatáskör definiálása
```

```
if horizon_data[i]['CaCO3']>1 and horizon_data[i]['Effervesc']=='O':
```

```
# a következő kifejezést jelenti: ha a CaCO3- tartalom magasabb, mint 1%, és a terepi pezsgés  
„O” azaz nincs reakció akkor a következő sorra lép, egyébként átlépi azt
```

```
    horizon_data[i]['Effervesc']="-999.99"
```

```
# amennyiben az előző sor igaznak bizonyult, a terepi pezsgésértéket felülírja a nincs adatnak  
megfelelő „-999,99” értékkel
```

```
    return horizon_data
```

```
# adatok visszamentése a memóriába
```

Az alábbiakhoz hasonló rutinokat majdnem minden paraméterre megírtam, a hely szűke miatt ezek bemutatására egyenként nincs mód (közel 60 oldalnak megfelelő kód), így azokat egy összefoglaló táblázatban (5. táblázat) mutatom be, kiemelve, hogy mely módszert mely paraméterekre, paramétercsoportokra hoztam létre. A határérték ellenőrzése során a valós minimális és maximális értékekkel rendelkező paraméterek,- így mindegyik, mely százalékos értéket fejez ki – esetében az alsó érték minden esetben 0, míg a felső határ 100 volt. A nem százalékkal kifejezett értékek esetében, amennyiben a nemzetközi harmonizált adatbázisok tartalmaztak erre vonatkozó értéket, azokat vettem alapul. Amennyiben sem az irodalom, sem a mértékegység folytán nem állt rendelkezésre határérték, a TIM-et mint az ország teljes területét reprezentáló adatbázist vettem alapul és az abban paraméterenként előforduló maximális érték 20%-al növelt mennyiségét vettem a paraméter maximális értékének. Ezek a határértékek a minőségellenőrzés sztenderdizálása esetén könnyen módosíthatóak.

5. táblázat. Minőségellenőrzés során használt módszer típusok és a vizsgált paraméterek (zárójelben az ellenőrzés során használt minimális és maximális érték limitek)

Módszer	Vizsgált paraméterek			
Határérték ellenőrzése (Limit check)	durva vázrész tartalom (0-100%)	durvahomok- tartalom (0-100%)	finomhomok – tartalom (0-100%)	nagyon finom homoktartalom (0-100%)
	durva vályog- tartalom (0-100%)	közepesen finom vályogtartalom (0-100%)	finom vályog- tartalom (0-100%)	összvályog tartalom (0-100%)
	agyagtartalom (0-100%)	összhomok tartalom	pF0 (0-99,9%)	pF2,5 (0-99,9%)

	(0-100%)		
pF 4,2 (0-99,9%)	térfogattömeg (0,5-2 g/cm ³)	higroszkóposság (0-18 hy%)	Arany-féle kötöttségi szám (0-100 KA)
humusztartalom (0-100%)	összsótartalom (0-1,5 %)	pH (vizes) (2-12)	pH(KCl-os) (2-12)
kalcium- karbonát tartalom (0-100%)	y1 érték (0-100%)	y2 érték (0-100%)	szóda (0-0,5 %)
vezetőképesség (0-50 dS/m)	vízoldható Mg (0-100%)	vízoldható Na (0-100%)	vízoldható SO4 (0-100%)
vízoldható K (0-100%)	vízoldható Ca (0-100%)	vízoldható Cl (0-100%)	kicserélhető K (0-100%)
kicserélhető Ca (0-100%)	kicserélhető Na (0-100%)	kicserélhető Mg (0-100%)	kationcsere kapacitás (0-100%)
Bázistelítettség (0-100%)			
Inkonzisztens értékek ellenőrzése	homok %+agyag %+vályog % 99 és 101 között (kerekítési szabályok miatt) Felső szint alja = alsóbb szint teteje		
Adatok kapcsolatának ellenőrzése	pH<6 CaCO ₃ =0 (INRA, 2009) CaCO ₃ >1 akkor pezsgés nem lehet „O”		

A program a hibajavítás mellett egy segédfájlt is létrehoz, melyben minden egyes funkció mellett megtalálható, hogy mely talajszelvények mely szintjei kerültek javításra. A segédfájl nagy szerepet kap az elvégzett módosítások nyomon követésében, mivel azok visszakereshetősége fontos követelmény. A program könnyen módosítható, oly módon, hogy a hibásnak vélt adatokat ne törölje, csak a segédfájlt hozza létre, így a felhasználónak lehetősége nyílik az alapján az eredeti adatbázisban visszakeresni az immáron csak jelölt adatokat és a hiba okát megvizsgálni.

5.1.2. Leíró adatok harmonizálása

A harmonizálás alapját a TIM módszerkönyv (TIM, 1995), a javasolt útmutató és a FAO Útmutató a talajok leírásához (FAO, 2006) adta. Az adatokat az előző fejezetben bemutatott funkciókhoz hasonló algoritmusokkal korreláltam. A programnyelv viszonylagos bonyolultsága és hossza miatt az elvégzett harmonizálási lépéseket táblázatos formában ismertetem, ahol feltüntettem a rekord típusát, eredeti és harmonizált jelölését. A korrelálás mellett bizonyos, egyéb paramétereiből származtatható jellemzőket is hozzáadtam a leíráshoz, az eredeti leírást így bővítve, a táblázat ezeket az algoritmusokat is tartalmazza. Minden paramétert ékezetek nélküli kódokkal, rövidítésekkel helyettesítettem, adatkezelési és tárolási okokból, ezek pontos jelentését az adatbázis metaadatokat tartalmazó táblákban tárolja (6. táblázat).

6. táblázat. Adatharmonizálási algoritmus által vizsgált paraméterek eredeti és harmonizált értékei

Paraméter	Eredeti adatbázisban	Korrelált/származtatott érték
Típus	Deflációs	D
	Erdészeti	E
	Információs	I
	Speciális	S
Szint kódja	G+sorszám	Csak sorszám
Megye	Teljes megyenév	3 betűs kódok
Lejtő típus	0-5%	0-5%
	5-12%, 12-17% és 17-25%	5-25%
	>25%	>25% (Dobos, 2013)
Lejtés iránya		eredeti nomenklatúra
Erózió	A kód a típusra és a mértékre is utal	2 külön rekordra bontva a típusnak és a mértéknek megfelelően (FAO)
	nem	Típus: N; Mérték: NA
	deflációs	Típus: A; Mérték: NA
	közepesen	Típus: W; Mérték: M
	gyengén	Típus: W; Mérték: S
	erősen	Típus: W; Mérték: V
	lehordott	Típus: WD; Mérték: NA
	talajképző (kőzetig)	Típus: W; Mérték: E

	padkásodás	Típus: P; Mérték: NA
Talajképző közet		Az eredeti rekordok mellett a javasolt osztályozás külön rekordként került rögzítésre
Talajtípus	Főtípusok teljes megnevezése	3 betűs kódok a talajtípus alapján
	Típusok kóddal	Eredeti kódok
Termőhely	Kód, teljes megnevezéssel	Eredeti kód, megnevezés nélkül
Művelési ág	Szántó	Crop agriculture (A)
	Gyep	Animal husbandery (H)
	Erdő	Forestry (F)
	Gyümölcs	Tree and shrub cropping (AT)
	Egyéb	Other (O)
Szint teteje	Eredeti rekordok, de módosítható a FAO által javasolt öttel osztható	
Szint alja	szintmélységekre. Funkciót tartalmazza, de a hívása nem kötelező.	
Genetikai szintek		FAO útmutató alapján korrelálva, 4 különböző rekordra bontva azokat, így
	Genetikai szintek a TIM útmutató alapján	Kőzettani különbség; Genetikai szint, réteg megnevezése; Másodlagos tulajdonság jelölése; További vertikális tagolódás
	Rétegek számjelzése	Eredeti számjelzés [Kőzettani különbség]
	Index számok	Eredeti számjelzés [További vertikális tagolásként]
	A0 (elbomlott növényi maradványok rétege)	O (lebomlatlan vagy részben lebomlott növényi maradványokban gazdag szint) [Genetikai szint]
	A1 (felső humuszos réteg, kilúgzási szint teteje)	A (szerves anyagban gazdag szint) [Genetikai szint]
	A2 (kilúgzási szint alsó része, podzolos BET, szologyok)	E (kilúgzási szint) [Genetikai szint]
	A3 (kifakult, sárgás szint, agyagbemosódásos pszeudoglejes BET)	E (kilúgzási szint) [Genetikai szint]

A4 (módszerkönyv nem utal rá, az adatbázisban magas szervesanyagtartalmú sötét szintek, elsősorban Csernozjom talajoknál)	A (szerves anyagban gazdag szint) [Genetikai szint]
B (felhalmozódási illetve átmeneti szint)	B (felhalmozódási vagy átmeneti szint) [Genetikai szint]
C (mállott talajképző kőzet)	C (nem tömör talajképző kőzet) [Genetikai szint]
D (ágyazati kőzet)	R (kemény ágyazati kőzet) [Genetikai szint]
G (glejes talajszint)	l (talajvízglejes színmmintázat) [másodlagos tulajdonság]
k (mészakkumuláció)	k (másodlagos karbonátfelhalmozódás) [másodlagos tulajdonság]
g (gipszfelhalmozódás)	y (másodlagos gipsz felhalmozódás) [másodlagos tulajdonság]
t (tőzegréteg)	i (részben lebomlott szervesanyag) [másodlagos tulajdonság]
pg (pszeudoglejes)	g (pangóvízglejes színmintázat) [másodlagos tulajdonság]
fe (vas, vas-mangán kiválás)	c (kiválások, konkréciók) [másodlagos tulajdonság]
s (sókivirágzás)	z (gipsznél jobban oldódó sók felhalmozódása) [másodlagos tulajdonság]
ca (másodlagos karbonátfelhalmozódás)	k (másodlagos kalciumkarbonát felhalmozódás) [másodlagos tulajdonság]
sz (talajművelés)	p (talajművelés) [másodlagos tulajdonság]
Kiválások foltosság rekordok alapján további indexeket származtattam (származtatott információk között ugyanebben a táblázatban)	
Munsell színkód	Színkódok külön rögzítve Hue, Value, Chroma oszlopokban

Kiválások, foltosság	Külön adatként rendezve szelvény és szint azonosítóval, redeti kódok megtartásával, oly módon, hogy a típus kódja mellett szerepel annak foka, vagy megjelenési formája külön rekordban. Ily módon egy adatbázis táblájába rendezhető és a genetikai szinthez kapcsolható.	
Szintátmenet	Eredeti kódok	FAO alapján korrelálva átmenet határozottsága és alakja alapján
	Éles (É)	Abrupt (A) [határozottság]
	Határozott (H)	Clear (C) [határozottság]
	Fokozatos (F)	Gradual (G) [határozottság]
	Elmosódott (D)	Diffuse (D) [határozottság]
	Egyenes (E)	Smooth (S) [alak]
	Szabálytalan (Sz)	Irregular (I) [alak]
	Nyelves (Ny)	Irregular (I) [alak]
	Márványozott (M)	Diffuse (D) [alak]
	Zsákos (Zs)	Irregular (I) [alak]
	Hullámos (H)	Wavy (W) [alak]
Gyökerek	Eredeti kódok	FAO alapján korrelálva mennyiség alapján típus eredeti jelöléssel, külön rekordként (FAO nem tartalmaz erre vonatkozó adatokat)
	Nincs gyökér (O)	None (N) [mennyiség]
	Kevés gyökér (K)	Few (F) [mennyiség]
	Közepes gyökér (KÖZ)	Common (F) [mennyiség]
	Sok gyökér (S)	Many (M) [mennyiség]
	Nemezserűen átszótt (N)	N [típus]
	Hajszálgökerek (H)	H [típus]
	Deformált gyökerek (D)	D [típus]
Tömődöttség	Eredeti kódok	FAO alapján kódolva
	Omlós (O)	Loose (LO)
	Laza (L)	Very Friable (VFR)
	Enyhén tömődött (ET)	Friable (FR)
	Tömődött (T)	Firm (FI)
	Erősen tömődött (ERT)	Very firm (VFI)

	Igen erősen tömődött (IET)	Extremly firm (EFI)
	Cementált (TR)	Extremly firm (EFI)
	Eketalp (EKT)	Extremly firm (EFI)
Nedvesség	Eredeti kódok	FAO alapján kódolva
	Száraz (Sz)	Dry (D)
	Friss (F)	Slightly moist (S)
	Nyirkos (Ny)	Moist (M)
	Nedves (N)	Wet (W)
	Sáros (S)	Very wet (V)
	Pezsgés	Eredeti kódok
Nincs		None (NO)
Nyomokban (Ny)		Slightly calcareous (SL)
Gyenge (Gy)		Slightly calcareous (SL)
Közepes (K)		Moderately calcareous (MO)
Erős (E)		Strongly Calcareous (ST)
Igen erős (IE)		Extreme calcareous (EX)
Fenolftalein lúgosság	Eredeti kódok	Módosított kódok
	Nincs (O)	NO
	Gyenge (Gy)	SL
	Közepes (K)	MO
	Erős (E)	ST
Talajhibák	Eredeti számkódok	
Szerkezet	Eredeti kódok	FAO alapján típusra, szerkezetesség mértékére és szerkezeti elemek méretére bontva)
	Morzsás (M)	Granular (GR) [típus]
	Poliéderez (P)	Angular blocky (AB) [típus]
	Oszlopos (O)	Columnar (CO) [típus]
	Rögös (R)	Granular (GR) [típus]
	Réteges (RET)	Platy (PL) [típus]
	Diós (D)	Nutty subangular blocky (SN) [típus]
	Hasábos (H)	Prismatic (PR) [típus]
	Szemcsés (SZ)	Subangular blocky (SB) [típus]
	Lemezes (LEM)	Platy (PL) [típus]

	Prizmás (PR)	Prismatic (PR) [típus]
	Lencsés (L)	Lumpy (LU) [típus]
	Gyengén szerkezetes (GYSZ)	Weak (W) [mérték]
	Közepesen szerkezetes (KSZ)	Moderate (MO) [mérték]
	Erősen szerkezetes (ESZ)	Strong (ST) [mérték]
	Apró (A)	Fine (FI) [méret]
	Durva (DU)	Coarse (CO) [méret]
Származtatott információk		
Redox tulajdonságok	Konkréció, kiválás: R, SS, B, V, GYE, GT, GV, GP, VH, MH Talajhibák: 7, 8 Munsell szín: N Szint leírásban: pg, G, fe, g	Az adatbázisban bináris értéként jelenik meg: 1, ha igaz és 0 amennyiben egyik jellemző sem igaz
	Pangóvíz okozta redox tulajdonságok	Konkréció, kiválás: GP Talajhiba: 7 Szint leírásban: pg
Talajvíz okozta redox tulajdonságok	Konkréció, kiválás: B, V, GYE, GT Talajhibák: 8 Munsell szín: N Szint leírásban: G, g	Az adatbázisban bináris értéként jelenik meg: 1, ha igaz és 0 amennyiben egyik jellemző sem igaz
FAO textúra osztály	Homok-, vályog- és agyagtartalom	Textúra háromszög modellezésével, az adatbázisba a FAO kódok kerülnek rögzítésre
Indexek kiválásokból, konkréciókból	Kiválás, konkréció:	Másodlagos tulajdonság értékekhez, FAO alapján:
	Agyaghártya (AH)	t (agyagfelhalmozódás) [másodlagos tulajdonság]
	Vasoxidhártya, mangánbevonat, rozsdá, szeplő, borsó, vivanit, gyepvasérc (VH, MH, R, SS, B, V, GYE)	c (konkréciók, kiválások)[másodlagos tulajdonság]
	Kovasavbehintés (K)	q (kovasav felhalmozódás) [másodlagos tulajdonság]

	Gipsz (G)	y (másodlagos gipsz felhalmozódás) [másodlagos tulajdonság]
	Konyhasó, glaubersó, keserűsó, szóda (SO, GS, KS, SZ)	z (gipsznél jobban oldódó sók felhalmozódása) [másodlagos tulajdonság]
	Lepedék, ér, folt, göbecs, mészköpad, csörgőkő (LEP, ER, F, GOB, KP, CS)	k (másodlagos kalciumkarbonát felhalmozódás) [másodlagos tulajdonság]
	Humusznyelv, humusz bemosódás (HNy, HB)	h (szervesanyag felhalmozódás) [másodlagos tulajdonság]
	Talajvízglej (GT)	l (talajvízglejes színmintázat) [másodlagos tulajdonság]
	Vízállás glej, pangóvíz glej (GV, GP)	g (pangóvízglejes színmintázat) [másodlagos tulajdonság]
Szerves szén	Humusz tartalom alapján	Humusz/1,724 ()
Bázistelítettség	Kicserélhető bázikus kationok és kationcserekapacitás alapján CaCO ₃ tartalom alapján	Bázistelítettség=Bázikus kationok összege/kationcserekapacitás CaCO ₃ tartalom meghaladja az 5% .t akkor ha bázikus kationok nem állnak rendelkezésre, akkor B%=100%

A leíró adatok harmonizálása során több esetben problémát jelentett a javasolt útmutatóban az adott paraméterre vonatkozó definíció hiánya. Ilyen esetekben a FAO Útmutató a talajok leírásához jó alapot szolgáltatott, azonban a hazai talajosztályozási rendszer fejlesztése során a definíciókat ezekre a paraméterekre is ki kell terjeszteni, oly módon, hogy azok harmonizálhatók legyenek a nemzetközi rendszerrel. Több esetben jelentett gondot a direkt konvertálás, vagy azért mert a hazai leírás, vagy azért mert a nemzetközi útmutató részletezi jobban az adott paramétert. Megfontolandó a FAO szerinti hiererchikus leírás bevezetése. Erre jó példa a területhasználatra vonatkozó leírás, ahol a FAO az első szinten megkülönböztet 9 típust, ezek egyike a szántóföldi mezőgazdaság. A hazai szántó definíció ebbe a legfelső kategóriába illik bele, azonban annál több (vagy eltérő) információt hordoz. A második szinten a szántóföldi mezőgazdaság esetében egynyári, évelő, fás szárú vegetációt különböztet meg. A hazai szántó kategória ezek közül elsősorban az egynyári és évelő kategóriába tartozhat bele.

A talajok szerkezeti elemeinek esetében a hazai definíció sok esetben hiányos a TIM módszerkönyv 13 típust részletez, majd a függelékben már 19 lehetséges típust találunk. A definíciók erősen hiányosak, így a konvertálás sok esetben a terepi tapasztalatokra a felvételezők

módszerére kell, hogy támaszkodjon. A szerkezetnél is, mint több más morfológiai bélyeg esetében a FAO megkülönböztet típust, arra vonatkozó méretet, fokot, mennyiséget, melyek plusz információt szolgáltatnak, így integrálásuk az új rendszerben fontos lenne. Emellett az adatbázisban azok külön rendezése, így az adatok használatának könnyítése is szükségszerű.

5.1.3. Laboratóriumi adatok harmonizálása

A laboratóriumban mért adatok harmonizálása az elterjedt módszerek sokrétűségének és sok esetben a korrelálhatóságot lehetővé tévő alapkutatások, és faktorok hiányának köszönhetően sokkal nehezebb. Minden olyan adatbázisnak, mely több adatforrásra támaszkodik elengedhetetlen része a laboratóriumi módszerekre vonatkozó metaadatokat tartalmazó tábla. Ennek hiányában nem vizsgálható meg, hogy a különböző forrásokból származó adatok mennyire hasonlíthatók egymással. Véleményem szerint a laboratóriumi módszerekre vonatkozó információk mellett fontos lenne az elérhető, tudományosan elfogadott és alátámasztott olyan faktorok integrálása az adatstruktúrába, melyek lehetővé tennék a gyors és hatékony átszámítást a különböző módszerekkel végzett vizsgálatok eredményei között. Ez megkönnyítené az adatbázis felhasználhatóságát, mivel a szükséges irodalom felkutatására nem lenne szükség. A talajtani adatbázisokat emellett olyan más diszciplínák kutatói is felhasználhatnák, akiknek nincsen információja a talajadatok sokrétűségéről, a laboratóriumi módszerek sztenderdizálásának hiányáról, illetve a nyers adatok összehasonlíthatatlanságáról. Az ilyen adatok felhasználása téves, félrevezető következtetéseket, eredményeket szülhet, ezért elkerülendő.

A laboratóriumi adatok harmonizálása a nemzetközi szabványoknak megfelelően a tervezett adatbázis struktúrában tárolt adatok segítségével lehetséges, így ennek a részfeladatnak az eredményeit ott ismertetem.

5.1.4. Talajosztályozásra vonatkozó adatok korrelálása és konvertálása

5.1.4.1. Az archív adatok konvertálása a javasolt magyar osztályozás típusaira

A javasolt osztályozó kulcs a TIM-ben tárolt adatok alapján jó hatásfokkal, a definíciókat jól követve programozható. A javasolt kulcsban meghatározott struktúrát követve épült fel az osztályozó kulcs is. Bizonyos javasolt típusok programozása – így az Antropogén talajok – azonban a rendelkezésre álló információk hiánya (egy elérhető magyar adatbázis sem tartalmaz jelenleg erre vonatkozó adatokat) miatt nem kódolható. Ezek a típusok nagy valószínűséggel egyébként sem jelennének meg a TIM adatbázisában. A program a korábban is használt Python nyelvben íródott, és az adatellenőrzési, korreláló programmal összekapcsolható, annak kimenetét (is) olvassa. A bemeneti adatoknál már a korrelált új rendszer szerinti morfológiai leírásokra épít.

A programot az előbbiekhöz hasonlóan nem az eredeti, hanem táblázatos formában ismertetem (7. táblázat), ahol az egyes típusok neve és definíciója mellett feltüntettem az algoritmus leírását, mely lehetővé tette az osztályozást.

7. táblázat. A javasolt hazai osztályozás osztályozó kulcsa (Michéli és mtsai., 2013a) és a programozása során használt algoritmusok

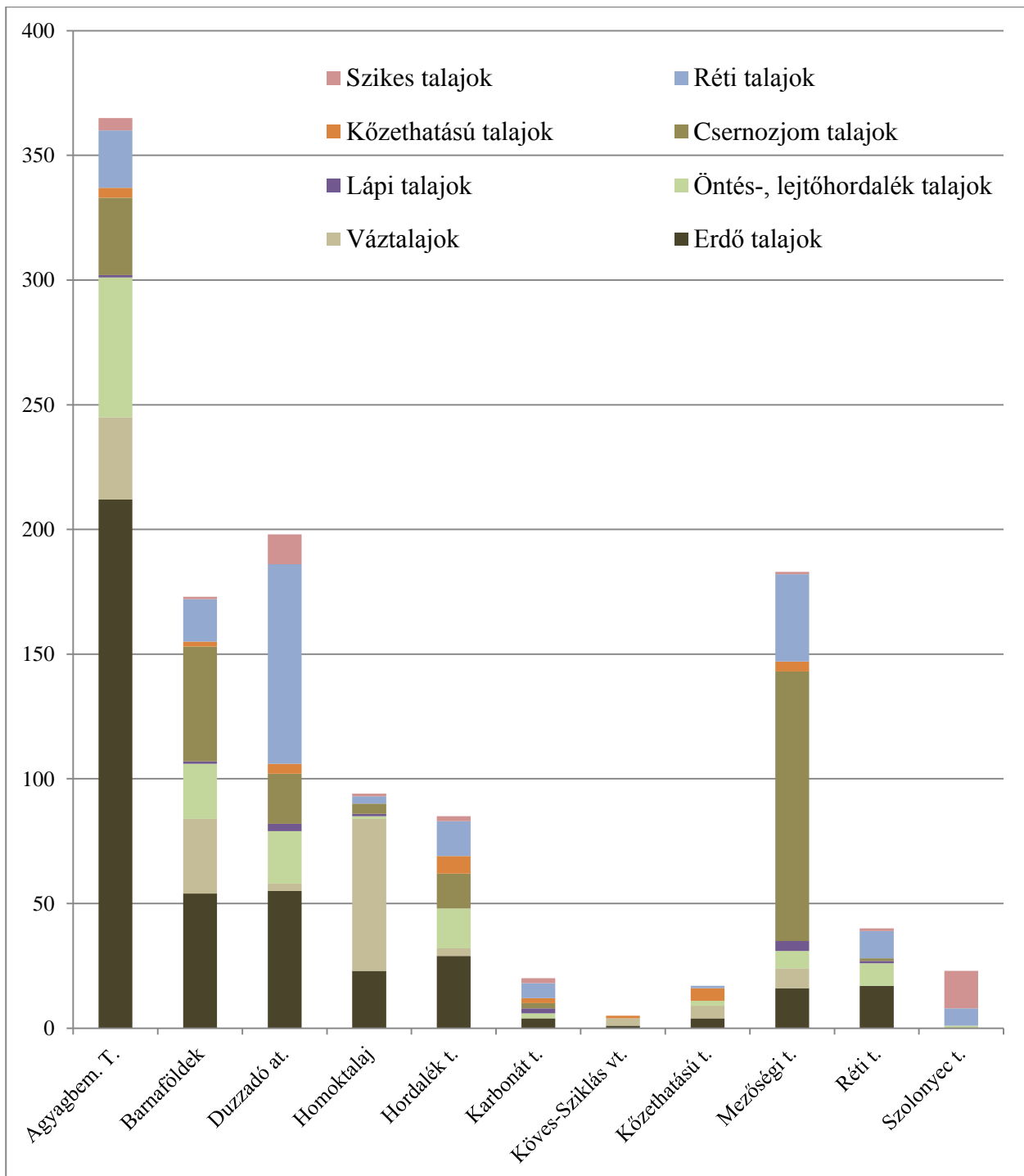
Típus	Követelmények	Algoritmus
Láptalajok	Legalább 40 cm vastag szerves talajsintjük van, amelynek felső határa a felszínen vagy a felszíntől számított 40 cm-en belül van	Ha egy szint szerves szén tartalma $\geq 20\%$, és a szint teteje kisebb mint 40 cm, a szintvastagságok összeadódnak Ha az összesített vastagság ≥ 40 , akkor láptalaj
Antropogén talajok	Más talajok, amelyekben a felszíntől számított 100 cm-en belül 1. legalább 20 %, ember által létrehozott anyag található, vagy 2. új (emberi tevékenységből származó) talajsint található, vagy 3. az eredeti talajsintek sorrendje (emberi tevékenység által) megváltozott.	A TIM adatbázisban a típusra vonatkozó elkülönítő adatok nem találhatóak meg. A típus elkülönítéséhez a rétegeket indexek segítségével, vagy a réteg elnevezésével való jelölése szükséges. Továbbá az ember által létrehozott anyag mennyiségének rögzítése az adatbázisban elengedhetetlen.
Köves-sziklás váz talajok	Más talajok, amelyekben az összefüggő talajtakaró nem mélyebb 10 cm-nél, és azt kőzetkibúvások szabdalhatják.	„R” genetikai szint 10 cm-en belül, vagy durva vázrészecskék mennyisége $\geq 90\%$ 10 cm-en belül, vagy a szelvényleírás maximum 10 cm
Közethatású talajok	Más talajok, amelyekben talajfelszíntől számított 25 cm-en belül összefüggő kemény kőzet, vagy olyan törmelék húzódik, amelyben a földes rész aránya 20 térfogat %-nál kevesebb.	„R” genetikai szint 25 cm-en belül, vagy durva vázrészecskék mennyisége $\geq 80\%$ 25 cm-en belül, vagy a szelvényleírás maximum 25 cm

Szolonyec talajok	Más talajok, amelyeknek a talajfelszíntől számított 100 cm-en belül szolonyeces felhalmozódási szintjük van.	Felszíntől számított 100 cm-en belül van olyan szint, melynek kicserélhető Na-tartalma \geq 25 vagy kicserélhető Na- és Mg-tartalmának összege \geq 25 és szerkezete oszlopos vagy szemcsés
Szolonesák talajok	Más talajok, amelyeknek a talajfelszíntől számított 50 cm-en szolonesákos felhalmozódási talajszintjük van.	Ha az 50 cm mélységig található olyan szintek összesített vastagsága, ahol elektromos vezetőképesség \geq 15 dS/m vagy az elektromos vezetőképesség \geq 8dS/m és pH \geq 8,5, nagyobb, mint 15 cm.
Duzzadó agyagtalajok	Más talajok, amelyek 1. a felszíntől számított 100 cm-en belül duzzadó talajszinttel rendelkeznek, és 2. a felszíntől az. 1. pontban meghatározott talajszint mélységéig a talaj agyagtartalma (0,002 mm-nél kisebb frakció) legalább 30%, és 3. időszakosan nyíló és záródó repedéseik vannak	Ha a felszíntől az agyagtartalom \geq 30% egy szintig, mely sekélyebben kezdődik, mint 100 cm és agyagtartalma \geq 40% és ennek a szintnek vagy a további szinteknek, melyeknek agyagtartalma \geq 40% összesített mélysége \geq 25 cm.
Réti talajok	Más talajok, melyekben a felszíntől számított 50 cm-en belül 1. az év egy részében igazolhatók a reduktív viszonyok, és 2. a talajmátrix legalább felében megjelennek a talajvízglejes színmintázat bélyegei.	50 cm-en belül „I” index vagy HUE érték „N”
Karbonát talajok	Más, nagy karbonáttartalmú talajok, melyekben a felszíntől számított 50 cm-en belül van olyan legalább 15 cm vastag szint, amelynek CaCO ₃ ekvivalensben megadott karbonáttartalma eléri a 40%-ot.	50 cm-en belül azon szintek mélységének összege ahol CaCO ₃ \geq 40 nagyobb vagy egyenlő 15 cm

Mezőségi talajok	<p>Más talajok, amelyek</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. olyan felszíni humuszos talajszinttel rendelkeznek, amelynek szervesanyag-tartalma legalább 1,5 %, és 2. a humuszos talajszint alatt 50 cm-en belül, karbonátfelhalmozódásos talajszint vagy másodlagos karbonátfelhalmozódás található, és 3. bázistelítettsége már a felszíntől legalább 50%. 	<p>Ha az utolsó 0,6 szerves szén-tartalommal, 50 %-os bázistelítettség és 3, vagy sötétebb chroma értékkel rendelkező szint alja és az első 15% CaCO₃ tartalommal rendelkező szint tetejének különbsége ≤50.</p>
Agyagbemosódásos talajok	<p>Más talajok, amelyek agyagfelhalmozódási talajszinttel rendelkeznek, melynek felső határa a talajfelszíntől számított 1 m-en belül van.</p>	<p>1 méteren belül van(nak) olyan szint(ek), ahol az agyagnövekedés a felette lévőhöz képest 20% és a szint szövete finomabb, mint vályogos homok és az összes vastagságuk ≥15 cm. Opcionális: „t” index 1 m-en belül</p>
Homoktalajok	<p>Más talajok, melyek a talajfelszíntől számított 100 cm mélységig, vagy a 100 cm felett elhelyezkedő cementált kavics, mészkőpad, homokkő, egyéb kemény kőzet felett a szövetük durva homok, homok, vagy vályogos homok, és az ennél finomabb textúrájú rétegek összesített vastagsága kevesebb, mint 15 cm.</p>	<p>Kemény kőzetig a textúra súlyozott átlaga homok vagy vályogos homok és az ennél finomabb szövetű rétegek összvastagsága kisebb mint 15 cm</p>
Hordaléktalajok	<p>Más talajok, melyekben</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. rétegzett talajanyag jelenik meg a talajfelszíntől számított 25 cm-en belül vagy közvetlenül a szántott réteg alatt, és 2. felszín alatti talajszintjeiben a karbonát vagy más só felhalmozódásán, és/vagy a glejesedésen kívül más, talajképződésre utaló morfológiai bélyeg nem található. 	<p>25-cm-en belül van olyan szintje, mely réteggént van elkülönítve a genetikai leírásban, vagy irreguláris változás van a szerves széntartalomban (abs. 0,5 % különbség), vagy a homoktartalomban (10% relatív), vagy a durva vázrészekben (10% relatív) és ez további -minimum egy- szint(ek)ben megjelenik</p>

Barnaföldek	Más talajok, melyek a talajfelszíntől számított 100 cm-en belül cambic szinttel rendelkeznek.	Ha egy szintben CaCO ₃ tartalma magasabb mint a felette lévő szinté, vagy színbeli különbség van, vagy szerkezete van
Földes kopárrok	Más „egyéb” talajok.	Talajok melyek nem lettek osztályozva

Az osztályozó algoritmust a TIM adatbázisán teszteltem (4. ábra). A teljes adatbázis (>1200 szelvény) osztályozását egy erősebb munkaállomáson (4Gb memória, Intel Core i5-tel egyenértékű processzor) a memória terheltségétől függően 40-60 másodperc alatt végzi el. Összekapcsolva az adatellenőrző és korreláló résszel a teljes TIM adatbázis körülbelül 2-3 perc alatt áthalad a teljes ellenőrzésen és az újraosztályozáson. A program több fájl kimentésére alkalmas. Egyik opció az egyedi szelvényazonosítók és az újraosztályozás eredményének fájlba mentése. A másik alternatíva a teljes adatsruktúra fájlba mentése, az új és a régi osztályok feltüntetésével. Emellett a program módosítható oly módon, hogy az adatok kimentése egy MS Access vagy OpenOffice Base kapcsolt táblás adatstruktúrába is beolvasható SQL kódoláson keresztül.



4. ábra. A létrehozott osztályozó algoritmus alapján a TIM talajszelvényeinek besorolása a javasolt magyar osztályozás típusaiba, feltüntetve a jelenlegi magyar osztályozást

Az osztályozó programba lehetőség van egy olyan algoritmust beépíteni, mely a paraméterek rendelkezése állása és az osztályozott típus alapján egy valószínűségi értéket ad. Oly módon, hogy kiinduló megbízhatósági értéket (pl.: 100) minden egyes esetben csökkenti, ha a paraméter hiányzik, de kulcsfontosságú lenne az osztályba soroláshoz.

5.1.4.2. A hazai osztályozás egységeinek taxonómiai távolság alapú korrelálása WRB referencia csoportokra

5.1.4.2.1. Konceptió alapú módszer

A 19 választott talajtípus elkülönítő tulajdonságok mentén való kódolásával létrehoztuk a távolságszámításhoz használt bemeneti mátrixot (8. táblázat).

8. táblázat. A vizsgálatokba vont 19 talajtípus az elkülönítő tulajdonságok alapján kódolva (A 0,5-es értékek „,5”-re rövidítve a táblázat mérete miatt)

Elkülönítő tulajdonságok	Podzol	Planosol	Stagnosol	Chernozem	Kastanozem	Phaeozem	Calcisol	Alisol	Luvisol	Umbrisol	Arenosol	Cambisol	Csernozjom BET	Barna föld	Agyagbemosódásos BET	Podzolos BET	Pangóvízes BET	Kovárványos BET	Savanyú nem podzolos BET
Szszkvioxid és szervesanyag- felhalmozódás a B szintben	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	,5	0	0	0
Hirtelen textúráváltás	0	1	0	0	0	,5	0	,5	,5	0	0	0	0	0	0	0	,5	0	0
Pangóvízes színmintázat	,5	,5	1	,5	,5	,5	0	,5	,5	,5	,5	,5	0	0	0	0	1	0	0
Közepes, magas szervesanyagtartalom, magas B%	0	,5	,5	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	,5	0	0	0	0	0
CaCO ₃ a felszínhez képest 1m-n belül	0	,5	,5	1	1	,5	1	0	,5	0	0	0	,5	,5	0	0	0	0	0
CaCO ₃ a felszínen vagy felszínközélen	0	0	0	,5	,5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Közepes, magas szervesanyagtartalom, alacsony B%	,5	,5	,5	0	0	0	0	,5	0	1	0	0	0	0	0	,5	0	0	,5
Homok textúra	,5	,5	,5	,5	,5	,5	,5	,5	,5	,5	1	0	0	,5	0	,5	0	1	0
Gyenge fejlettség	0	0	0	0	0	0	0	0	0	,5	0	1	,5	1	0	,5	0	,5	1
Agyagbemosódás nagy aktivitású agyagásványokkal és magas B%	0	,5	,5	,5	,5	,5	,5	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	,5	0
Agyagbemosódás nagy aktivitású agyagásványokkal és alacsony B%	0	,5	,5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	,5	0	0	0
Kovárványcsíkok	0	0	0	0	0	0	0	,5	,5	0	,5	0	0	0	0	0	0	1	0
Alacsony bázisítettség	1	,5	,5	0	0	0	0	,5	,5	,5	,5	,5	0	0	,5	1	,5	,5	1

5.1.4.2.2. Centroid alapú módszer

A WRB referencia csoport centroidok számításánál figyelembe vettük, hogy csupán olyan szelvények kerüljenek be a számításba, melyek a metaadatok alapján a hazai sztenderd mérésekhez hasonlíthatóak. Így összesen 1118 szelvény alapján számítottuk a WRB centroidokat. A referencia csoportonkénti eloszlás és a TIM-ben található BET szelvények (összesen 434) eloszlása a 9. táblázatban található.

9. táblázat. A vizsgálatokba bevont talajszelvények eloszlása hazai illetve nemzetközi besorolásuk alapján

BET típusok	Szelvények száma (TIM)	WRB RSG-k	Szelvények száma (WISE 3.21)
Csernozjom BET	66	Podzol	77
Barnaföld	136	Planosol	27
Agyagbemosódásos BET	176	Stagnosol	0
Pangóvízes BET	24	Chernozem	73
Kovárványos BET	17	Kastanozem	40
Podzolos BET	5	Phaeozem	168
Savanyú nem podzolos BET	10	Calcisol	57
		Alisol	44
		Luvisol	217
		Umbrisol	45
		Arenosol	98
		Cambisol	272
Összesen	434	Összesen	1118

A centroid számításnál ki kell emelni, hogy a szerves szinteket kizártuk a kalkulációból (sok esetben a leírás hiányos), így minden esetben az első ásványi szint teteje számított felszínként. Azon centroidok esetében, ahol valamely tulajdonság megjelenési mélysége adta az értéket, de a szelvényadatokban nem jelent meg ez a tulajdonság (pl. CaCO_3 megjelenési mélysége), automatikusan 200 cm lett a tulajdonsághoz rendelve. A 200 cm-es mélység az a -WRB-ban megfogalmazott- maximális mélység, amíg a tulajdonságokat vizsgálja. Ezek alapján hoztuk létre a centroid alapú tulajdonságmátrixot (10. táblázat).

10. táblázat. A BET és a választott WRB RSG-k számított centroid értékei (TIM illetve WISE 3.1 alapján)

BET és WRB csoportok	Homok% 0-100	SzSz% 0-30	B% 0-30	B% 50-100	CEC @ agyag max	pH min	CaCO ₃ max	Mélység CaCO ₃ >15%	Agyag max/ agyag 0-30	
BET típusok	Csernozjom BET	49,77	1,24	78,49	84,44	19,14	6,99	21,52	92,43	1,18
	Barnaföld	56,40	0,93	64,63	77,13	18,09	6,44	19,78	116,92	1,34
	Agyagbemosódásos BET	45,27	0,91	50,72	63,33	16,17	5,97	17,61	134,69	1,61
	Pangóvízes BET	39,23	0,85	34,53	40,44	10,78	5,54	10,67	165,00	1,53
	Kovárványos BET	87,60	0,38	40,17	55,82	7,21	5,79	4,33	200,00	1,83
	Podzolos BET	51,33	0,83	20,44	31,25	8,55	4,69	0,00	200,00	1,50
	Savanyú nem podzolos BET	45,64	1,72	44,81	55,24	17,59	5,17	0,00	200,00	1,54
Választott WRB Referencia csoportok	Alisol	32,68	1,92	25,70	22,33	16,06	4,45	0,35	199,76	1,55
	Arenosol	88,50	0,57	72,24	74,89	4,12	5,70	1,17	197,50	1,51
	Chernozem	25,11	2,22	93,55	97,31	25,72	6,74	17,33	120,54	1,26
	Calcisol	35,95	0,83	98,03	99,86	17,62	7,92	41,84	34,11	1,45
	Cambisol	31,32	1,61	72,64	77,80	20,38	5,94	5,74	176,17	1,28
	Kastanozem	39,89	1,17	95,32	99,72	21,26	7,07	18,03	111,64	1,38
	Luvisol	31,97	1,29	82,32	87,86	20,88	5,96	6,76	173,95	1,79
	Phaeozem	26,82	1,98	86,09	92,96	28,60	6,26	5,18	182,44	1,45
	Planosol	37,55	1,56	62,68	78,43	22,75	5,16	1,61	193,92	3,74
	Podzol	75,93	2,88	22,96	44,79	15,13	4,25	0,12	200,00	1,88
Umbrisol	34,13	4,08	34,00	32,80	27,54	4,86	0,02	200,00	1,19	

5.1.4.2.3. Számított taxonómiai távolságok

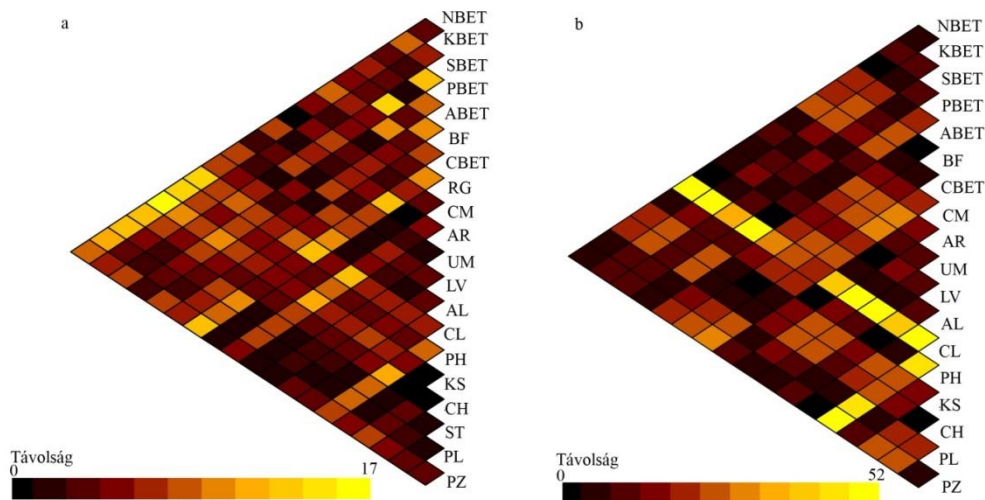
Az eredményül kapott távolságmátrix a különböző talajtípusok közötti távolságot mutatja. A magyar típusok és a WRB referenciacsoportok közötti távolságok a 11. és 12. táblázatokban láthatók, külön a koncepció és a centroid alapú módszer szerint. A könnyebb vizuális értelmezhetőség érdekében az R szoftverben található „squash” (Eklund, 2011) csomag segítségével lehetőség van úgynevezett hőterképpel ábrázolni a távolságmátrixot. Ebben az esetben a csoportok közötti távolság összefüggéseiben könnyebben értelmezhető (5. ábra).

11. táblázat. Számított taxonómiai távolság a BET típusok és a választott WRB referencia csoportok között koncepció alapon

WRB RSG	Csernozjom BET	Barnaföld	Agyagbemo- sódásos BET	Podzolos BET	Pangóvízes BET	Kovárványos BET	Savanyú nem podzolos BET
Podzol	14,28	10,34	11,03	7,08	11,13	10,58	11,95
Planosol	12,05	10,42	7,49	8,84	7,00	8,77	13,76
Stagnosol	12,78	11,36	8,44	9,19	6,40	9,39	14,59
Chernozem	8,71	8,06	9,46	11,24	9,52	11,35	14,31
Kastanozem	9,85	10,16	11,16	12,96	11,35	12,82	16,17
Phaeozem	9,59	9,46	9,95	11,26	9,82	11,09	14,96
Calcisol	14,26	12,06	10,13	11,78	12,29	11,10	15,16
Alisol	12,92	9,39	9,88	7,31	10,33	9,76	11,39
Luvisol	11,02	11,45	4,82	9,33	4,55	7,17	11,69
Umbrisol	10,99	7,08	11,80	4,50	11,80	8,72	7,64
Arenosol	14,41	9,46	10,86	7,56	10,85	5,69	11,12
Cambisol	10,54	7,15	10,92	8,77	11,00	9,12	4,03
Regosol	13,17	8,30	9,76	6,30	9,74	7,35	9,79

12. táblázat. Számított taxonómiai távolság a BET típusok és a választott WRB referencia csoportok között centroid alapon

WRB RSG	Csernozjom BET	Barnaföld	Agyagbemo- sódásos BET	Podzolos BET	Pangóvízes BET	Kovárványos BET	Savanyú nem podzolos BET
Podzol	30,50	26,00	21,93	6,55	14,07	11,26	6,65
Planosol	27,46	22,73	18,67	7,60	11,33	12,81	5,11
Chernozem	9,36	8,17	6,51	25,65	13,65	27,97	23,98
Kastanozem	6,82	4,81	5,47	25,95	13,94	27,10	24,71
Phaeozem	24,82	23,47	19,86	12,48	12,11	19,26	9,85
Calcisol	21,62	26,42	30,11	51,39	39,34	51,15	50,42
Alisol	29,70	25,37	21,81	3,62	12,48	8,36	4,68
Luvisol	20,74	18,14	16,75	12,25	8,79	18,65	9,35
Umbrisol	31,26	26,75	22,56	8,65	13,82	10,76	6,01
Arenosol	30,71	28,21	27,69	7,12	18,89	6,80	11,94
Cambisol	21,83	18,64	16,37	10,53	8,26	16,38	8,15



5. ábra. Számított távolságmátrix hőterképen ábrázolva, koncepció alapon (a) és centroid alapon (b)

A 13. számú táblázatban a távolságmátrixok egy kivonata található, ahol a magyar típusok és a hozzájuk legközelebb eső 3 referenciacsoport található, előbb a koncepció, majd a centroid alapú módszer szerint. A negyedik oszlopban az eredmények értékelésénél alapműként használt munkában (Michéli és mtsai., 2006) leírt, az adott magyar típusokkal korreláló referenciacsoportok találhatóak sorrendiséget mellőzve.

13. táblázat. BET típusok és WRB referencia csoportok közötti lehetséges korrelációk a különböző taxonómiai távolságszámítási módszerek és korábbi kutatások alapján

BET típusok	3 legközelebbi WRB RSG, koncepció alapú számítás alapján	3 legközelebbi WRB RSG, centroid alapú számítás alapján	Korreláló RSG-k (Michéli és mtsai. 2006)
Csernozjom BET	Chernozem, Phaeozem, Kastanozem	Kastanozem, Chernozem, Luvisol	Chernozem, Kastanozem, Phaeozem
Barnaföld	Umbrisol, Cambisol, Chernozem	Kastanozem, Chernozem, Luvisol	Cambisol
Agyagbemosódásos BET	Luvisol, Planosol, Stagnosol	Kastanozem, Chernozem, Cambisol	Luvisol, Alisol
Pangóvízes BET	Luvisol, Stagnosol, Planosol	Cambisol, Luvisols, Planosol	Luvisol, Stagnosol
Kovárványos BET	Arenosol, Luvisol, Regosol	Arenosol, Alisol, Umbrisol	Luvisol, Arenosol
Podzolos BET	Umbrisol, Regosol, Podzol	Alisol, Podzol, Arenosol	Luvisol, Umbrisol, Alisol
Savanyú nem podzolos BET	Cambisol, Umbrisol, Regosol	Alisol, Planosol, Umbrisol	Cambisol, Umbrisol, Alisol

5.1.4.2.4. *Eredmények értékelése*

A számítások alapján Csernozjom barna erdőtalajokhoz a WRB sztyeppe talajai találhatók a legközelebb, mely jól korrelál a tapasztalati eredményekkel. A Luvisolok megjelenése, mint harmadik legközelebbi referencia csoport a centroid alapú távolság számításnál elsősorban annak köszönhető, hogy a csernozjom barna erdőtalaj definíciója nem részletezi az agyagmozgás mértékét illetve a CaCO_3 megjelenési mélységét.

A barnaföldek esetében előre ki kell emelni, hogy a centroid alapú módszer a kevésbé fejlett talajokat nehezebben „azonosítja”, sokkal jobban működik, azon csoportok esetében, amelyeknek valamilyen speciális, mért értékekben jól elkülönülő tulajdonsága van. A TIM barnaföldekből több szelvényt tartalmaz, mint bármely más barna erdőtalajból, az agyagbemosódásos barna erdőtalajokat leszámítva. A koncepció alapú eredményeknél a Cambisolok megjelenése a három legközelebbi csoport között jól korrelál a korábbi eredményekkel. A centroid alapú korrelálás jól mutatja, hogy a típus nem definiált numerikusan. A szelvényeket egyenként megvizsgálva, majdnem minden releváns referencia csoportot megtalálunk köztük.

Agyagbemosódásos barna erdőtalajok esetében a várakozásnak megfelelően a Luvisols referencia csoport a legközelebbi, azonban a centroid alapú eredmények ezt nem reflektálják. Itt a sztyeppe talajok és a Cambisol található, mint legközelebbi csoportok ismét bizonyítva, hogy a definíciók számszerűsítése milyen fontos eleme az osztályozásnak.

Pangóvizes barna erdőtalajok esetében mind a két módszer esetében megjelenik a Luvisol referencia csoport. A koncepció alapú módszer esetében a Stagnosol és a Planosol megjelenése is megfelel a korábbi kutatási eredményeknek. A centroid alapú vizsgálatoknál a Stagnosol csoport nem szerepelt a számításokban, mivel a WISE 3.1 nem tartalmaz erre a referencia csoportra vonatkozó adatokat.

A kovárványos barna erdőtalajok esetében jól látható az a korábban említett tény, hogy speciális karakterisztikával rendelkező talajok könnyebben azonosíthatók a módszerrel. Mind a két módszer esetében az Arenosol referencia csoport került a legközelebb a típushoz. Az Umbrisolok megjelenése a centroid alapú módszernél azzal magyarázható, hogy az alacsony pH és bázistelítettség jóval nagyobb jelentőséget kap a típusok elkülönítésénél, mint a szervesanyagtartalom, köszönhetően annak, hogy e két paraméter, és főleg a bázistelítettség mentén nagyobb a típusok szórása.

A legtöbb hazai podzolos barna erdőtalaj nem teljesíti a WRB spodic diagnosztikus szint kritériumait, ennek ellenére a talajok karakterisztikája és a spodic szint lehetséges előfordulása közel hozta őket a Podzol referencia csoporthoz mindkét módszer esetében. A többi eredmény

jól korrelál a korábbi eredményekkel illetve a tapasztalatokkal, elsősorban a bázistelítettség és alacsony pH értékeknek köszönhetően.

Savanyú nem podzolos barna erdőtalajok esetében is meglehetősen jól korrelálnak az eredmények a korábbi kutatásokkal, egyedül a Planosol referencia csoport megjelenése az, ami váratlan a korábbi munkákat figyelembe véve. A centroid értékeket megvizsgálva, azonban látható, hogy a két csoport a szelvényen belüli agyagnövekedést leszámítva jól korrelál.

Összességében megállapítható, hogy a két módszer a megfelelő változók megválasztásával alkalmas lehet talajosztályozási rendszerek korrelálására. A változóknak megfelelően kell reprezentálnia a kiválasztott talajtípusokat. Koncepció alapú módszer esetén a talajok jellemző talajképző tényezőit, folyamatait, míg centroid alapon a legfontosabb elkülönítő tulajdonságokat. A centroid alapú számítások fontos alapja az ellenőrzött, megbízható adatbázis. A kutatás során sok esetben találtunk félreosztályozott szelvényeket a WISE adatbázisban, ami arra enged következtetni, hogy a centroidok számításánál a szelvények paramétereiben a szórás nagyobb volt, mint egy teljesen megbízható adatbázis esetében. Ellenőrzött adatbázis alapján készült WRB centroidok jól használhatók egy másik rendszer típusainak WRB-re való korrelálására. Az eredmények alapján megállapítható, hogy bár a 3 módszer sok esetben egybevágtott, a módszerek együttes alkalmazása ajánlott, ily módon kiegészítve egymást és hozzájárulva a pontosabb eredmények eléréséhez. A korrelálási eredmények mellett, a kutatás rámutatott a genetikus szemléletű rendszerek hiányosságaira, a pontos definíciók hiányára.

5.1.5. A javasolt hazai osztályozás egyes egységeinek taxonómiai távolság alapú korrelálása WRB referencia csoportokra

Az előbb ismertetett módszerek közül a centroid alapú taxonómiai távolság számítást az osztályozó algoritmus alapján újraosztályozott TIM adatbázison is elvégeztem. A korábban használt centroidokat meghagyva, 5 „új” magyar talajtípust vizsgáltam a korábban definiált referencia csoportokhoz viszonyítva. A centroidok a barna erdőtalajok alapján lettek definiálva, így egyes talajtípusokat, úgymint a Mezőségi talajok tulajdonságait nem teljes mértékben reprezentálva. A korábban definiált centroidok, vizsgált talajtípusok és a számított centroidok a 14. táblázatban található. A távolságszámítást a korábban is alkalmazott módszerrel végeztem el. A magyar típusok és a WRB referencia csoportok közötti távolság a 15. táblázatban található. A távolságok 0-100 közötti értékre lettek normalizálva, a könnyebb viszonyíthatóság érdekében.

14. táblázat. Javasolt hazai talajtípusok és választott WRB referencia csoportok taxonómia távolság alapú korreláláshoz számított centroid értékei

Javasolt hazai talajtípusok és WRB csoportok	Homok% 0-100	SzSz% 0-30	B% 0-30	B% 50-100	CEC @ agyag max	pH min	CaCO ₃ max	Mélység CaCO ₃ >15%	Agyag max/ agyag 0-30
Agyagbemosódásos talajok	56,66	1,05	58,59	67,67	17,20	6,47	12,07	145,42	1,77
Barnaföldek	55,78	1,17	73,74	80,11	17,19	7,18	16,32	122,73	1,07
Homoktalajok	90,54	0,49	63,79	69,10	9,37	6,74	5,88	175,11	1,48
Karbonát talajok	51,82	1,76	85,24	85,48	21,81	7,74	55,00	12,25	1,41
Mezőségi talajok	54,82	1,59	89,18	92,35	24,54	7,53	28,28	47,32	1,32
Alisol	32,68	1,92	25,70	22,33	16,06	4,45	0,35	199,76	1,55
Arenosol	88,50	0,57	72,24	74,89	4,12	5,70	1,17	197,50	1,51
Chernozem	25,11	2,22	93,55	97,31	25,72	6,74	17,33	120,54	1,26
Calcisol	35,95	0,83	98,03	99,86	17,62	7,92	41,84	34,11	1,45
Cambisol	31,32	1,61	72,64	77,80	20,38	5,94	5,74	176,17	1,28
Kastanozem	39,89	1,17	95,32	99,72	21,26	7,07	18,03	111,64	1,38
Luvisol	31,97	1,29	82,32	87,86	20,88	5,96	6,76	173,95	1,79
Phaeozem	26,82	1,98	86,09	92,96	28,60	6,26	5,18	182,44	1,45
Planosol	37,55	1,56	62,68	78,43	22,75	5,16	1,61	193,92	3,74
Podzol	75,93	2,88	22,96	44,79	15,13	4,25	0,12	200,00	1,88
Umbrisol	34,13	4,08	34,00	32,80	27,54	4,86	0,02	200,00	1,19

15. táblázat. Választott javasolt hazai típusok és WRB referencia csoportok közötti távolság, centroid alapon

WRB RSG	Agyagbemosódásos talajok	Barnaföldek	Homoktalajok	Karbonát talajok	Mezőségi talajok
Alisol	11,1	21,9	6,5	97,3	79,0
Arenosol	8,4	16,4	1,4	87,0	69,2
Chernozem	3,5	0,6	11,3	27,8	18,0
Calcisol	36,3	21,5	57,1	1,4	0,6
Cambisol	2,9	8,7	1,8	69,0	53,2
Kastanozem	5,4	0,9	14,4	22,0	13,3
Luvisol	2,8	7,9	1,8	66,6	51,0
Phaeozem	4,5	10,8	1,9	74,5	58,0
Planosols	7,2	16,2	3,5	87,8	70,0
Podzols	11,7	23,3	6,5	100,0	81,6
Umbrisols	10,6	21,3	5,3	96,25	78,1

Az értelmezhetőség érdekében ebben az esetben is kivonatoltam az eredményeket, a 16. táblázatban. Az egyes talajtípusok mellett a 3 legközelebbi referenciacsoport található, sorrendben.

16. táblázat. Javasolt hazai típusok és a centroid alapú távolságszámítás alapján legközelebb eső 3 WRB referenciacsoport

Javasolt hazai típusok	Legközelebbi RSG	2. RSG	3. RSG
Agyagbemosódásos talajok	Luvisol	Cambisol	Chernozem
Barnaföldek	Chernozem	Kastanozem	Luvisol
Homoktalajok	Arenosol	Luvisol	Cambisol
Karbonát talajok	Calcisol	Kastanozem	Chernozem
Mezőségi talajok	Calcisol	Kastanozem	Chernozem

Az eredmények alapján elmondható, hogy az Agyagbemosódásos talajok az új osztályozás alapján - egybevételesen a szakvéleményekkel - egyértelműen a Luvisol referencia csoporthoz vannak a legközelebb. A Homoktalajokhoz a számítás ebben az esetben is az Arenosol referencia csoportot eredményezte a legközelebbinek, mely szintén megfelel a korábbi kutatásoknak. A Karbonát talajok, melyek a felszínhez képest 50 centiméteren belül több mint 40% kalcium-karbonátot tartalmaznak, a Calcisol referencia csoporthoz kerültek a legközelebb, ami a két csoport tulajdonságainak ismeretében a valóságnak megfelelő. A Mezőségi talajok esetében a Calcisolok megjelenése, mint legközelebbi talajtípus némileg meglepő, ugyanakkor a centroid értékeket megvizsgálva egyértelművé válik, hogy a nemzetközi adatbázisban a sztyeppe talajok a CaCO_3 megjelenést tekintve jóval kilúgzottabbak, míg a hazai Mezőségi talajoknál már átlagosan 47 cm-nél megtaláljuk az úgynevezett „calcic” szintet. A nemzetközi adatbázis (WISE) alapján számított Kastanozem „calcic” szint megjelenése ugyanakkor meglepően mély (véltetően félreosztályozott szelvények), elsősorban ez eredményezte a hazai Mezőségi talajok Calcisolhoz való közelségét.

A Barnaföldek esetében, mely gyengén fejlett talajokat reprezentál, így a korábbiakban említettek alapján a pontos elkülönítésük nehéz a módszerrel, a Cambisolok megjelenése az első helyek esetén volt várható. Ezzel szemben azok csupán a negyedik legközelebbi referencia csoport. A centroidokat megvizsgálva, jól látható, hogy a WISE adatbázisban található Cambisolok a hazai Barnaföldeknél jelentősen savanyúbbak, kilúgzottabbak, ennek megfelelően nem is kerülhettek közelebb a Cambisolokhoz, mint a magasabb pH-val és CaCO_3 tartalommal jellemzett más referencia csoportokhoz. Az eredmények értelmezésekor azt is figyelembe kell

venni, hogy a centroidok a Barna erdőtalajokra lettek definiálva. Az eredmények nagymértékben javíthatóak, olyan paraméterek bevezetésével, melyek jobban reprezentálják a korábbi vizsgálatokban nem szereplő hazai talajtípusokat. Emellett azt is fontos kiemelni, hogy környezeti paraméterek, nagyban befolyásolják a paramétereket, így egyes típusok (elsősorban a gyengén fejlett típusok) esetében javasolt a nemzetközi adatbázisból felhasznált szelvények csökkentése a vizsgált talajtípusok környezeti paramétereinek megfelelően. A hazai Barnaföldek hasonlítása, trópusi, kilúgzott Cambisolokhoz nyilvánvalóan nem a preconcepciónak megfelelő eredményt hozza, míg ha a Kárpát-medence környezetéből válogatjuk le a nemzetközi szelvényeket, akkor az nagyobb eséllyel ad a valósághoz közeli eredményt.

5.2. Modern adatstruktúra modell létrehozása

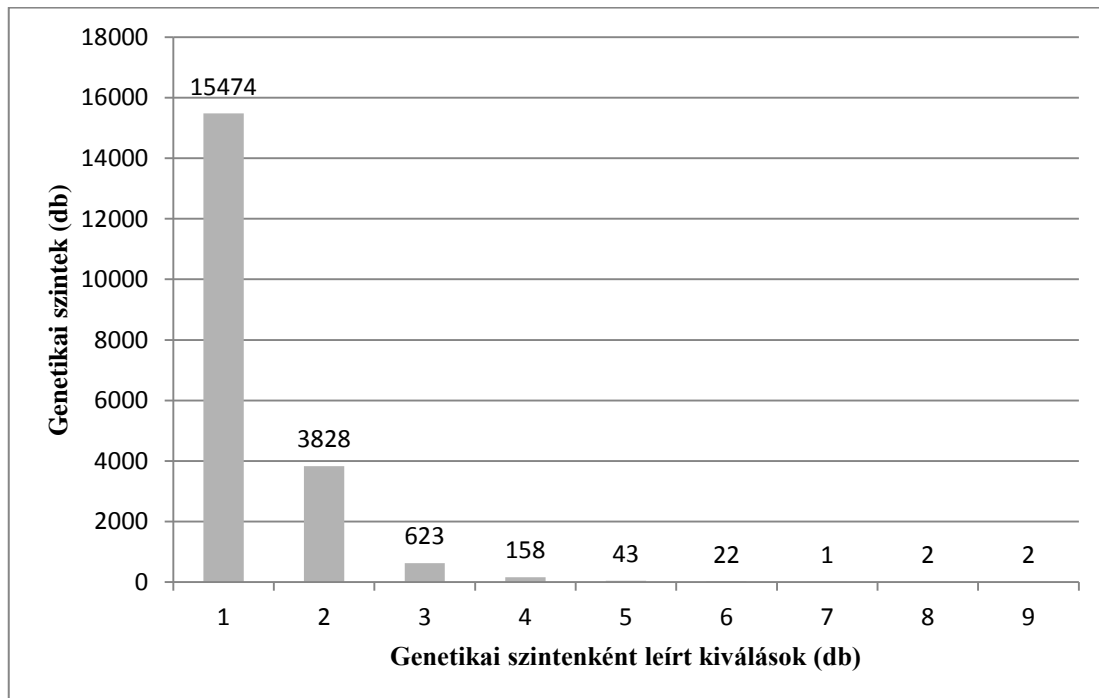
Az adatstruktúra létrehozásánál elsősorban az anyag részben említett adatbázisokkal való harmonizálási, minőségellenőrzési munka tapasztalataira, az amerikai adatbázis morfológiai tábláinak elemzésére, továbbá a javasolt Terepi útmutató és a FAO terepi útmutató javaslataira támaszkodtam.

5.2.1. A morfológiai adatok rögzítése

A NASIS adatbázis a WISE-nál, az eSOTER, vagy a TIM adatbázisnál is sokkal részletesebb morfológiai leírás tárolására ad lehetőséget. Külön táblában tárolja többek közt a cementált réteg tulajdonságait, genetikai szint színét, kiválásokat, azok színét, durva vázrészeket, redox tulajdonságokat és azok színét, szerkezetet, pórusokat stb. Ennek köszönhetően könnyen lekérdezhető és egy genetikai szinthez nem csak egy adat tárolását teszi lehetővé, mint például a WISE-ban. Hátránya viszont, hogy amennyiben a szinthez több adat van megadva és azok nincsenek szekvencia számmal megjelölve akkor az adatot érintő lekérdezésekben duplikálást eredményez. Illetve azon felhasználók, akik kevés tapasztalattal rendelkeznek a struktúra használatában, a szekvencia számok használatát mellőzve nem csupán duplikációkat, de sok esetben akár egy-egy szint 4-10-szeres ismétlését is eredményül kaphatják némely lekérdezésben.

Alapvetően a külön táblában tárolás, így a könnyebb kereshetőség illetve a tulajdonság egyéb paramétereinek rögzíthetősége nagyban gazdagítja a tárolt információkat, ugyanakkor lehetővé teszi csupán a domináns tulajdonságok lekérdezését is. A kezelhetőség érdekében azonban érdemes a duplikálást lehetővé tevő tárolás elkerülése. A kettő ellentmondásának feloldására alkalmas lehet, ha megvizsgáljuk az egyes szintek esetében rögzített bizonyos tulajdonságok megoszlását és a változatosságot legjobban reprezentáló, de még kezelhető számú tulajdonság rögzítését tesszük lehetővé. A vizsgálatokat, az egyetlen erre alkalmas adatbázison a NASIS

adatbázison végeztem el. A vizsgálatok során megvizsgáltam, hogy egyes szintek esetében bizonyos tulajdonságcsoportok, hányszor kerültek leírásra. Példaként a 6. ábrán a genetikai szintekben található különböző kiválások megjelenésének száma szerepel. A 17. táblázatban a pontos eloszlás látható százalékosan, illetve kumulálva. A kiválások különbözősége, mind anyagban, mind színben, mind méretben lehetséges.



6. ábra. A NASIS adatbázisban egy genetikai szinthez leírt kiválások mennyiségének eloszlása

17. táblázat. A NASIS adatbázisban egy genetikai szinthez leírt kiválások mennyiségének eloszlása

Leírt konkréciók mennyisége	Genetikai szint mennyisége	Genetikai szint aránya (%)	Genetikai szintek kumulált mennyisége (%)
1	15474	76,7	76,7
2	3828	18,9	95,7
3	623	3,0	98,8
4	158	0,7	99,6
5	43	0,2	99,8
6	22	0,1	99,9
7	1	0,004	99,9
8	2	0,009	99,9
9	2	0,009	100

A maximálisan leírt 9 különböző konkréciónak az esetek csupán 0,009%-át reprezentálja. A populáció közel 99% százaléka azonban már 3 különböző konkréciónal leírható.

A példaként hozott konkréciónak leírására a fentiek alapján az alábbi fejléccel készült el az adatokat tartalmazó tábla az adatstruktúrában:

18. táblázat. Az adatstruktúrában a kiválások leírására szolgáló adattábla fejléce, a NASIS adatbázison elvégzett vizsgálatok alapján

Szint ID	Mennyiség #1	Méret #1	Keményység #1	Alak #1	Anyag #1	Határ #1
Mennyiség #2	Méret #2	Keményység #2	Alak #2	Anyag #2	Határ #2	
Mennyiség #3	Méret #3	Keményység #3	Alak #3	Anyag #3	Határ #3	Megjegyzés

Így jött létre a 20 oszlopot tartalmazó tábla, amely 3 különböző konkréciónak leírására alkalmas egy genetikai szintben, illetve továbbiak leírását is lehetővé teszi nem rendezett formában a megjegyzésekben. A „#”szimbólummal jelölt számok az egyes konkréciónal típusok elkülönítésére szolgálnak, dominánstól (legnagyobb %-ban megjelenő) a legkevésbé dominánsig.

A fenti példához hasonló módon készült el a többi morfológiai tulajdonság elemzése (2. melléklet). majd az alapján definiáltam a morfológiai adatokat tároló táblákat.

5.2.2. A terepi leíró adatokat és a laboratóriumi adatokat tartalmazó adattáblák összekapcsolása

Bizonyos esetekben a mintavételezés egységei nem egyeznek meg a terepen leírt genetikai szintekkel. Ilyen esetek például, mikor egy genetikai szint túl vastag ahhoz, hogy egybe mintázzuk, vagy több genetikai szintet egybe mintázzunk, esetleg a mintázás és a szintek leírása teljesen eltér egymástól (rétegek mintázása). Sem a TIM, sem a WISE nem alkalmas ilyen adatok tárolására, effektív összekapcsolására. A NASIS adatbázis ezzel szemben a morfológiai adatokat és a laboratóriumban mért adatokat külön rendezi és a kettő közötti kapcsolatot, az azok közötti kommunikációt lehetővé tevő kapcsolati táblával oldja meg (4. és 7. ábra), ahol „Lab Sample” a mintázott réteg azonosítója, „Migrated Pedon Horizon” pedig a terepen leírt genetikai szint azonosítója.

Seq	Lab Sample	Migrated Source Pedon Site	Migrated Pedon Horizo	Rec ID	recordstatus
9	07N04225	105	-1294118	-432379	
8	07N04224	105	-1294119	-432378	
7	07N04223	105	-1294120	-432377	
6	07N04222	105	-1294121	-432376	
5	07N04221	105	-1294122	-432375	
4	07N04220	105	-1294123	-432374	
3	07N04219	105	-1294124	-432373	
5	07N04237	105	-1294113	-432372	
5	07N04236	105	-1294113	-432371	
10	07N04235	105	-1294108	-432370	
9	07N04234	105	-1294109	-432369	
8	07N04233	105	-1294110	-432368	
7	07N04232	105	-1294111	-432367	
6	07N04231	105	-1294112	-432366	
5	07N04230	105	-1294113	-432365	
4	07N04230	105	-1294114	-432364	
3	07N04229	105	-1294115	-432362	
	10N00570	105	-1906436	-335699	
	10N00569	105	-1906437	-335698	

Rekord: 18, összesen 116: Nincs szűrő Keresés

7. ábra. A NASIS adatbázis „phsample” táblájának egy részlete, mely a leíró (terepi) és mért (laboratóriumi) talajadatok összekapcsolására szolgál

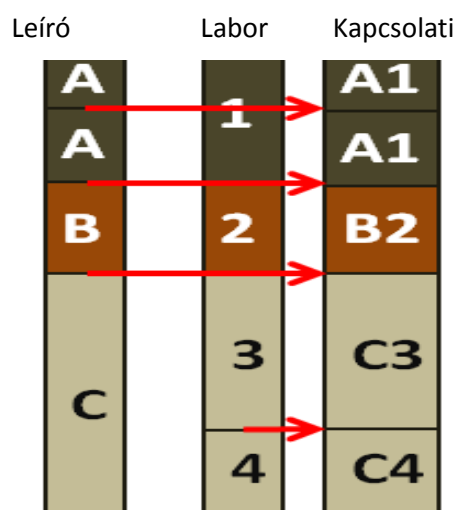
A kapcsolati tábla egyetlen hátránya, hogy a lekérdezéseknél amennyiben a rétegek és a genetikai szintek száma adott szelvényen belül nem azonos, duplikációt eredményez (19. táblázat).

19. táblázat. Példák a NASIS adatbázis leíró és mért adatokat tartalmazó tábláinak összekapcsolásával létrejövő duplikációkra (szürkével kiemelve)

Laboratóriumi adatok					Leíró adatok			
Szelvény azonosító	Natural key	Szint teteje	Szint alja	C tot	Szint teteje	Szint alja	Hue	Nedvességi áll.
24821	00P01055	0	13	1,61	0	13	10YR	Moist
24821	00P01056	13	23	1,65	13	23	10YR	Moist
24821	00P01057	23	58	2,13	23	58	10YR	Moist
24821	00P01058	58	76	2,16	58	76	10YR	Moist
24821	00P01059	76	127	4,05	76	107	10YR	Moist
24821	00P01059	76	127	4,05	107	127	10YR	Moist
24831	00P01097	0	15	1,01	0	15	10YR	Moist
24831	00P01098	15	30	1,5	15	30	10YR	Moist
24831	00P01099	30	48	1,86	30	48	10YR	Moist
24831	00P01100	48	81	2,79	48	81	7.5YR	Moist
24831	00P01101	81	99	1,99	81	99	7.5YR	Moist

24831	00P01101	81	99	1,99	81	99	5YR	Moist
24831	00P01102	99	165	2,19	99	203	5YR	Moist
24831	00P01103	165	203	1,2	99	203	5YR	Moist
24861	00P01356	0	15	1,57	0	15	7.5YR	Moist
24861	00P01357	15	33	2,34	15	33	7.5YR	Moist
24861	00P01358	33	54	2,61	33	54	7.5YR	Moist
24861	00P01359	54	80	2,38	54	80	7.5YR	Moist
24861	00P01360	80	109	2,58	80	109	7.5YR	Moist
24861	00P01361	109	131	2	109	131	5YR	Moist
24861	00P01362	131	180	3,37	131	153	7.5YR	Moist
24861	00P01362	131	180	3,37	153	180	5YR	Moist
28801	01N04564	0	8	4,47	0	8	7.5YR	Moist
28801	01N04565	8	28	1,01	8	28	7.5YR	Moist
28801	01N04566	28	51	0,31	28	51	7.5YR	Moist
28801	01N04567	51	89	0,21	51	130	7.5YR	Moist
28801	01N04568	89	130	0,21	51	130	7.5YR	Moist
28801	01N04569	130	160	0,21	130	160	7.5YR	Moist
28801	01N04570	160	183	0,15	160	183	7.5YR	Moist

Mivel mind a leíró, mind a laboratóriumi adatbázis külön tartalmaz a szintekhez, illetve rétegekhez mélységet, így azok a lekérdezés után duplázódnak (lásd az előző példa). Ez a szelvényekkel való számítások elvégzését nehezíti meg, mivel a felhasználó nem tudja melyik szintezettséget, illetve rétegzettséget használja a munkájához. Ennek kiküszöbölésére, de a módszert megtartva, hoztam létre egy olyan kapcsolati táblát, amely a két leírásból mindig azt az értéket használja, amelyik a nagyobb részletességet biztosítja (8. ábra).

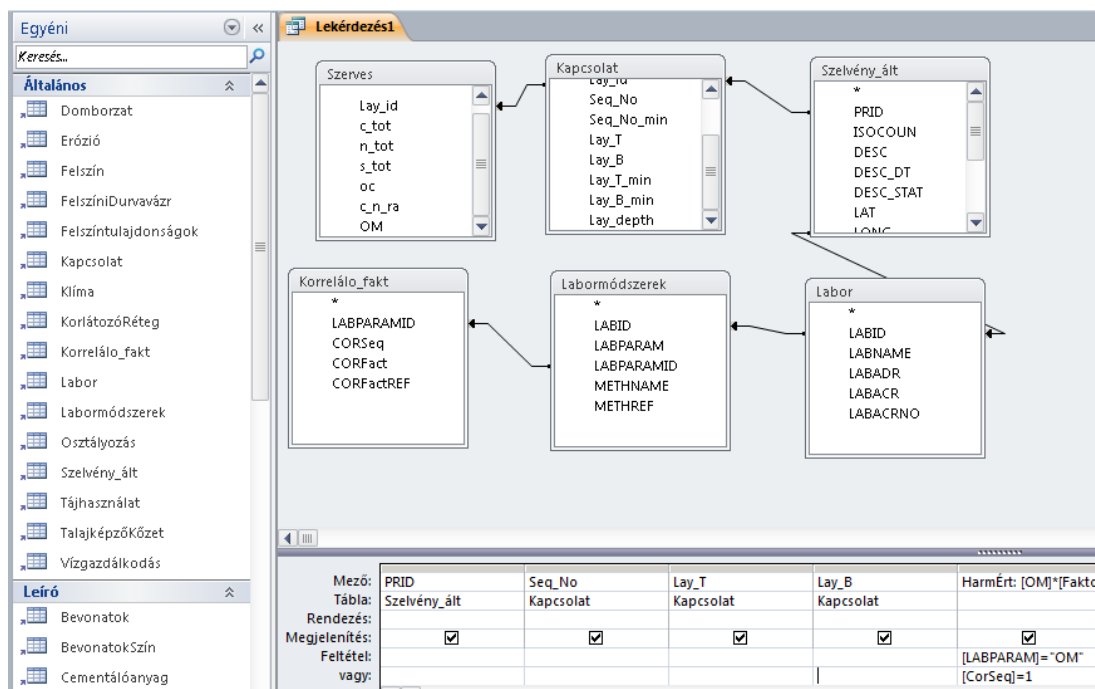


8. ábra. A létrehozott kapcsolati tábla elve, ami a leíró adatok és a labor adatok közötti kommunikációt teszi lehetővé

A táblához hozzárendelhető az eredeti szelvényezettség, illetve a kombinált mélységek két formában. A *Szekvencia szám*, *Szint teteje* és *Szint alja* értékek a jelenlegi FAO leírásnak megfelelően a felszíntől kezdődnek, így azok tartalmazzák a szerves szinteket is. Az *Ásványi szekvencia*, *Szint teteje (R)* és *Szint alja (R)* értékek, pedig a korábbi leírás szabályai szerint tartalmazzák a szintek mélységét, így a szerves szintek negatív előjelet kaptak, a 0 cm pedig az első ásványi szint tetejére utal. A szekvencia számok esetén itt a szerves szintek 0 értéket kaptak, így a helyes lekérdezés után lehetőség van a csak ásványi szintekkel való munkára. A fenti tétel nem él azokra a szerves szinttel rendelkező talajokra, melyek osztályozása Láptalaj. A Láptalajok esetében a 0 érték mindig a felszint jelöli.

5.2.3. A laboratóriumi adatok harmonizálása a nemzetközi módszerek alapján

Az adatok harmonizálásánál szükséges az átszámítási faktorok tárolása, a hivatkozás pontos megjelölésével. Az erre vonatkozó adatokat egy úgynevezett *Korreláló_faktor* táblában tároltam (9. ábra), mely *Labor módszer ID* alapján kapcsolódik a *Labormódszerek* táblához.

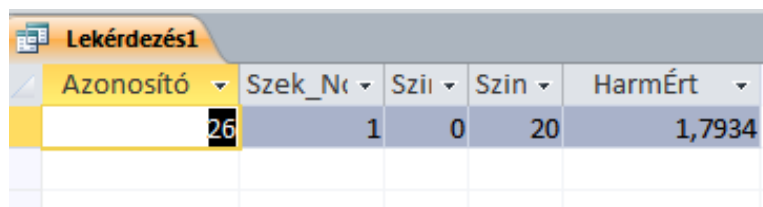


9. ábra. A korreláló faktorok tárolására szolgáló tábla és annak kapcsolati „útja” az egyes paraméterekhez, illetve a korrelált mérés lekérdezésének módja

A *Labormódszerek* tábla tárolja a módszereket azonosítóval, megnevezéssel, hivatkozással és hogy mely mért paraméterre vonatkozik (a példa esetében szerves anyag (OM)). A faktorok tárolása azért nem ebben a táblában történt, mert bizonyos módszerekre több faktor is létezik.

Ezek elválasztása egymástól a *Korreláló_faktor* tábla *Szekvencia* értékénél lehetséges. A legelterjedtebb kapja a legkisebb értéket és ennek megfelelően a többi rendelkezésre álló egyre nagyobb értéket kap.

A laboratóriumi módszerek a *Laboratórium_azonosítóval* kapcsolódnak a *Labor* táblához, amely a vizsgálatokat elvégző laboratóriumok tárolására szolgál- megnevezéssel, címmel, akkreditálási információkkal. Ez a tábla kapcsolódik az általános szelvényleíráshoz, mely a korábbi fejezetben részletezett *Kapcsolat* táblán keresztül éri el a különböző morfológiai és laboratóriumi adatokra vonatkozó táblákat. A példa esetében használt OM érték innen kerül behívásra. A lekérdezésben egy egyszerű kifejezéssel és feltétellel végeredményként már a nemzetközi módszernek megfelelő értékre korrelált eredményt kapunk. A példa esetében a „HarmÉrt” harmonizált érték a szervesanyag, és az arra vonatkozó faktor szorzata, abban az esetben, ha a laboratóriumi módszer szerves anyagra vonatkozik és a szekvenciája 1, azaz a legelterjedtebb. Eredményül pedig a 10. ábrán látható módon már csak a harmonizált értéket kapjuk.

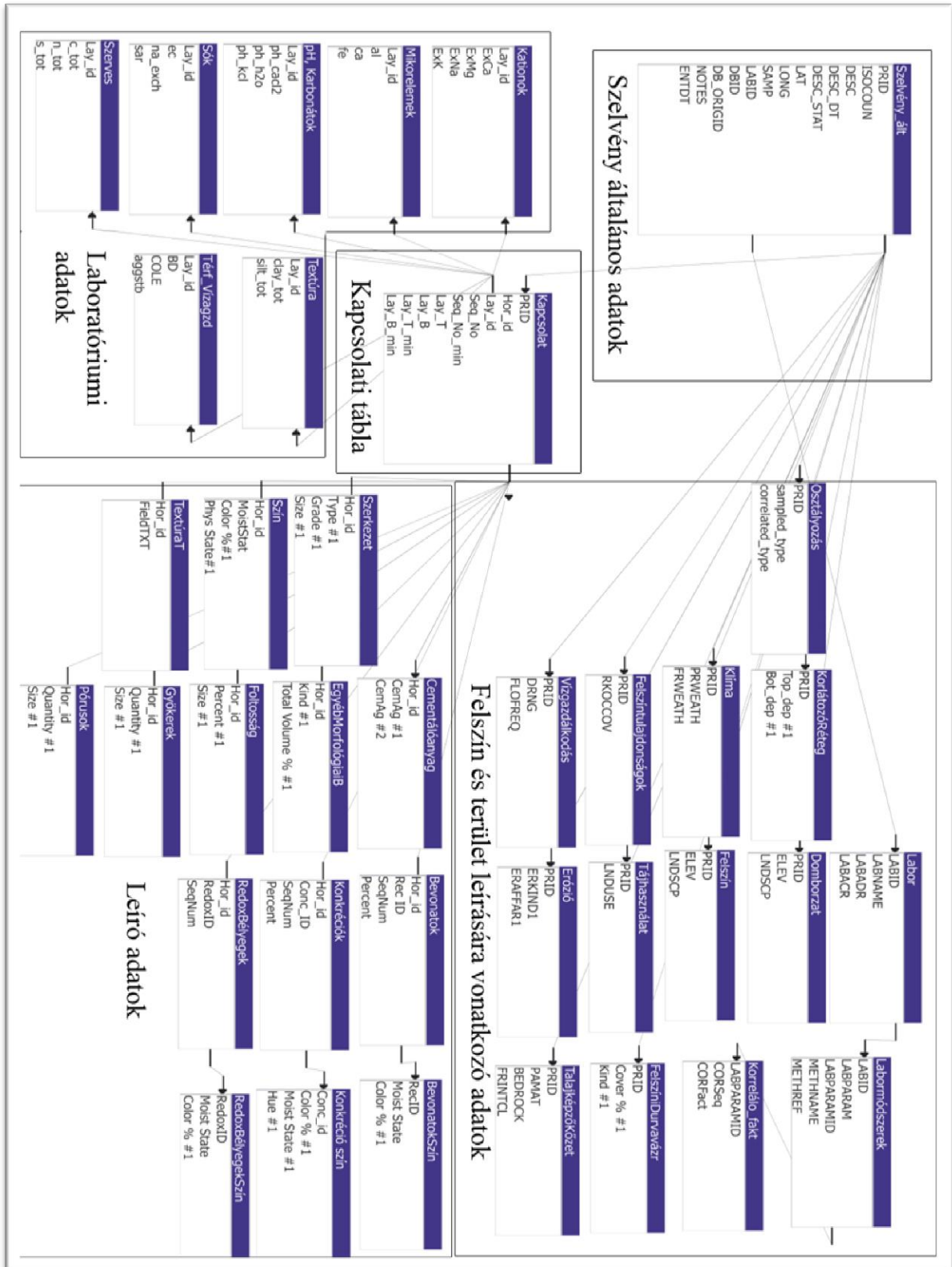


Azonosító	Szek_Nr	Szil	Szin	HarmÉrt
26	1	0	20	1,7934

10. ábra. Példa a harmonizált laboratóriumi értékek származtatására a létrehozott adatbázis struktúrában

5.2.4. A végleges adatstruktúra modell

A fentiekben kifejtett fő jellemzők alapján készült el az adatbázis modell, amely a TIM adatokkal lett feltöltve tesztelés céljából. A struktúra összesen 38 táblát tartalmaz (11. ábra), melyek alkalmasak a helyszín, a genetikai szintek morfológiai jellemzőinek és a rétegek/szintek laboratóriumi értékeinek tárolására.



11. ábra. A létrehozott adatstruktúra modell táblái és kapcsolat rendszere

5.3. A javasolt hazai osztályozási rendszer alacsonyabb szintjeinek fejlesztése, számszerűsítése

Az automatizált osztályozó algoritmus létrehozása után lehetőség nyílt a javasolt típusok adatbázis szintű vizsgálatára, a típuson belüli fontosabb elkülönítő paraméterek vizsgálatára. Ehhez az újraosztályozott TIM adatbázist használtam fel. A vizsgálatokat a legnagyobb számú és adott típusnál releváns paraméterekre terjesztettem ki. A módszereket a javasolt osztályozási rendszer Agyagbemosódásos talaj típusának példáján teszteltem. A vizsgálatokhoz választott változókat a 20. táblázat tartalmazza.

20. táblázat. Az Agyagbemosódásos talajok javasolt talajtípus alacsonyabb szintjeinek fejlesztése során vizsgált paraméterek

Szerves széntartalom	Durva vázrészek
vizes pH	Agyag tartalom
Karbonáttartalom	Homok tartalom
Bázistelítettség	Térfogattömeg
Kationcserekapacitás	Redox tulajdonságok megjelenése

A korábban alkalmazott, előre definiált tulajdonságok helyett 2, a korábbi munkák és tapasztalatok által kevésbé befolyásolt módszert alkalmaztam. Az első módszer esetében minden egyes szelvény, eredeti genetikai szintosztását 5 cm-es rétegekké alakítottam 150 cm-es mélységig, súlyozott átlag segítségével. Ebben az esetben a rétegek (30 db) és a változók (10 db) szorzata adta a független változók számát. Egy másik lehetőség az egyes változók mélységi eloszlásának ábrázolása, oly módon, hogy azokat görbékkel írjuk le, majd a görbe egyenletének koefficienseit használjuk, mint változókat.

Ezek alapján megvizsgáltam a rétegek mint független változók, a polinomiális egyenletek koefficienseinek, illetve spline görbék koefficienseinek használatát a klaszterezéshez és a főkomponens analízishez.

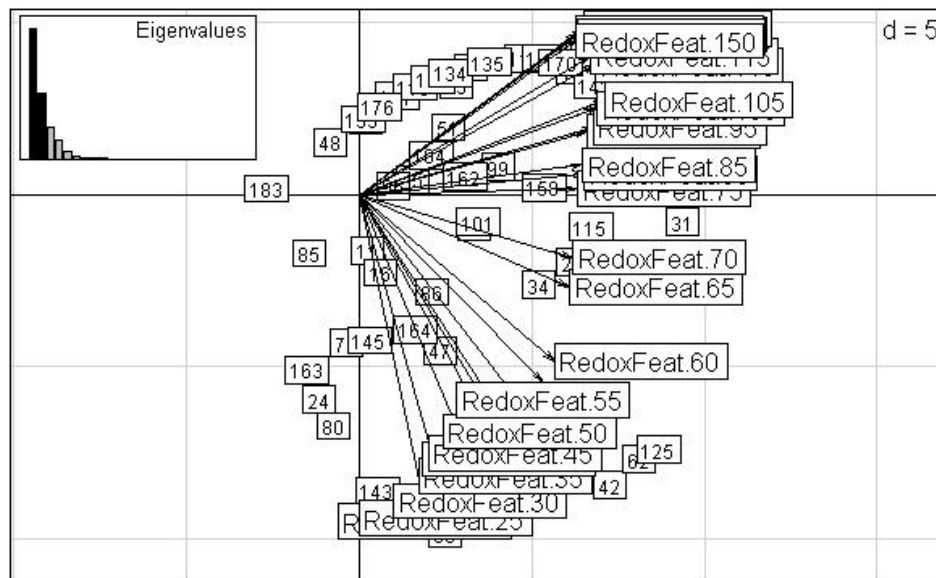
5.3.1. Rétegek mint független változók

A rétegek használata az Agyagbemosódásos talajok esetében összesen 300 változót eredményezett. A változókat a választott 10 talajparaméter 30 réteg melletti vizsgálatával hoztam létre. A módszer előnye, hogy lehetővé teszi a paraméterek mélység szerinti megjelenése/mennyisége szerinti klaszterezést, amellett, hogy az összes változó mellett is lehetőség nyílik a klaszterezésre, azonban itt meg kell említeni, hogy ebben az esetben a

változók számának csökkentése szükséges például főkomponens analízissel. A vizsgálatokhoz olyan szelvényeket választottam, melyek a korábban említett paraméterek és mélységek mellett nem tartalmaztak hiányzó értékeket. Ezek alapján összesen 184 darab szelvényt vontam be a vizsgálatokba.

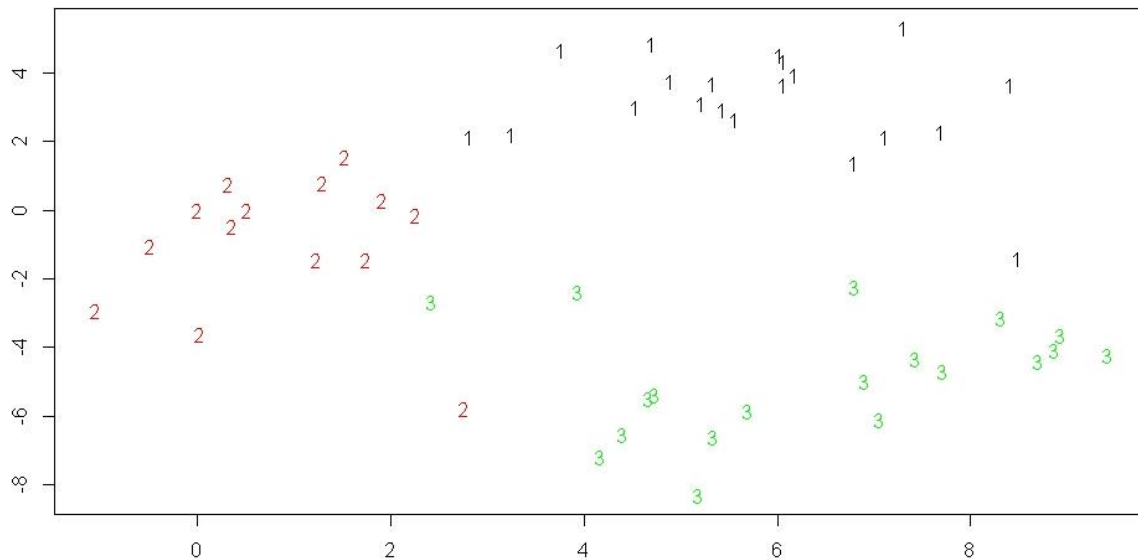
5.3.1.1. Agyagbemosódásos talajok vizsgálata redox tulajdonságok megjelenése alapján

A morfológia bélyegek megjelenése illetve megjelenési mélysége fontos elkülönítő bélyeg lehet az osztályozás alsóbb szintjein. A redox tulajdonságok megjelenését megvizsgálva réteg alapon a főkomponens analízis segítségével (12. ábra) jól látható, hogy a 2 fő komponens mentén a tulajdonságok és a minták 3 fő csoportba rendeződnek. A felszín közelében már megjelenő, csak a mélyebb szintekben megjelenő, vagy redox tulajdonságokkal nem rendelkező szintek jól elkülönülnek. A populáció egyedei láthatóan szóródnak a tulajdonság mentén.



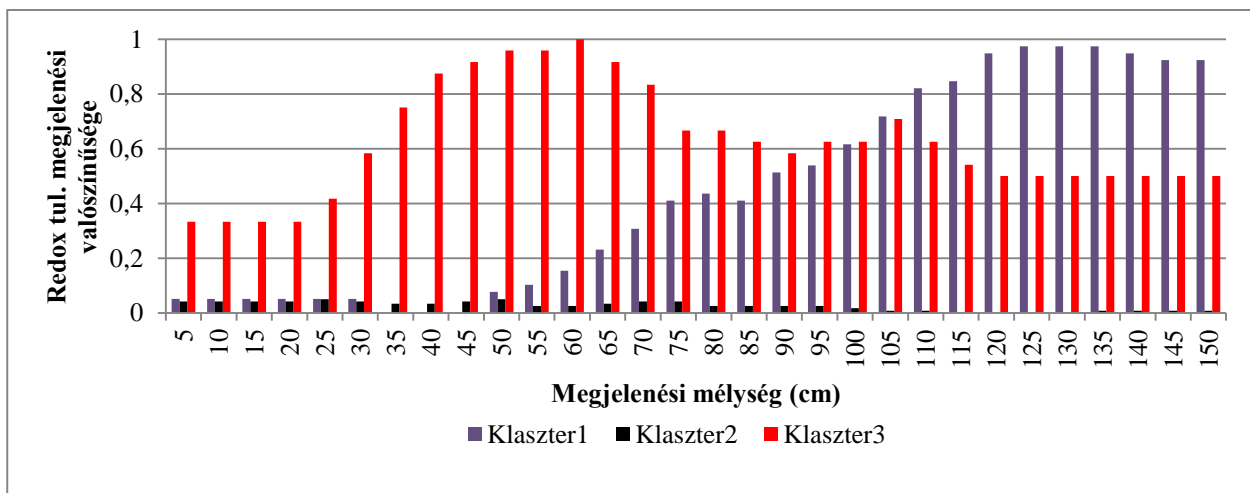
12. ábra. Az Agyagbemosódásos talajok főkomponens vizsgálata redox tulajdonságok alapján

Silhouette analízist követően, egyszerű k-közép klaszterezést elvégezve, látható a populáció elkülönülése 3 csoportba (13. ábra). Természetesen a folytonos adatok miatt előfordulnak, egyedek, melyek matematikailag 2 csoportba ugyanakkora valószínűséggel tartozhatnak, azonban a megközelítés alapján 3 csoport nagy valószínűség mellett elkülöníthető.



13. ábra. Az Agyagbemosódásos talajok klasztereződése 3 jól elkülöníthető klaszterbe (1-3) két fő komponens mentén ábrázolva

A klasztereket külön ábrázolva és a megjelenés valószínűségét átlagolva (a redox tulajdonság korábban származtatott bináris érték. Az átlag valószínűség maximális értéke, így 1.) megállapítható a 3 mélység tartomány is, amely alapján az elkülönítés történt (14. ábra). Az egyes klaszter esetében egy méter alatt nagy valószínűséggel már megjelennek a bélyegek, míg 115 cm alatt szinte biztosan redox tulajdonságokat találunk. A 2. klaszter esetében a redox tulajdonságok megjelenésének hiánya, vagy azok minimális valószínűsége a felszíni szintekben tapasztalható. A 3. számú klaszter esetében 40 és 80 cm között találunk egy maximumot a megjelenés tekintetében, ez nagy valószínűséggel a jelenlegi osztályozás pangóvízes talajainak klasztereződése.

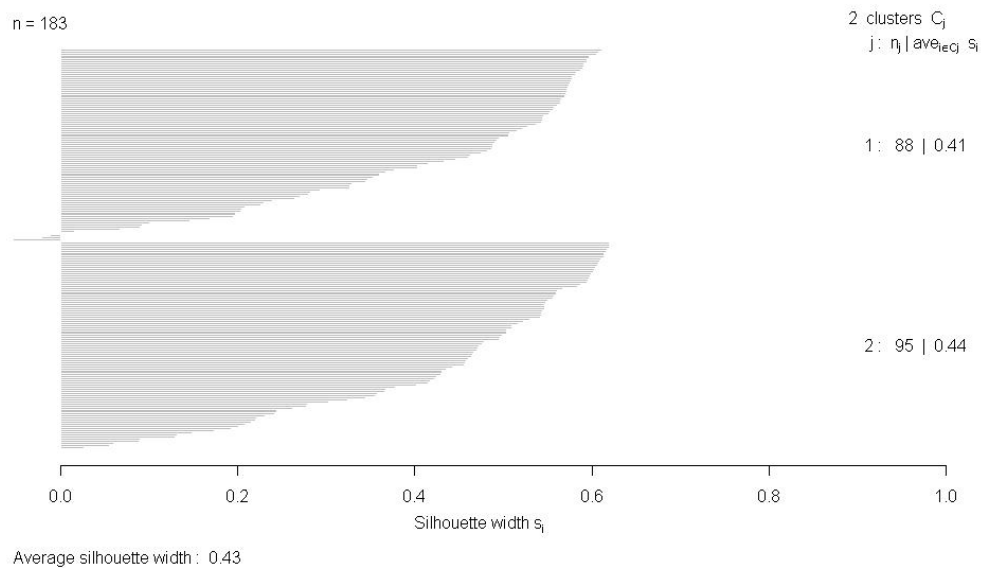


14. ábra. Az Agyagbemosódásos talajok 3 klasztere a redox tulajdonságok megjelenésének valószínűsége alapján, egyes mélységekben

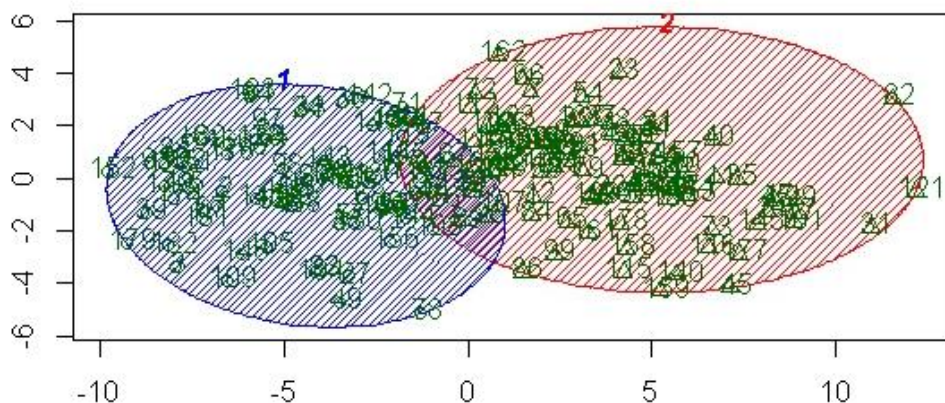
Ezek alapján megállapítható, hogy a Barna erdőtalajokat a redox tulajdonságok alapján matematikai alapon 3 mélység alapján érdemes elkülöníteni: felszín közelben, 35-50 cm-es mélység környékén, és egy méter alatt.

5.3.1.2. Agyagbemosódásos talajok vizsgálata homoktartalom alapján

A homoktartalom vizsgálata esetében a klaszterezés lehetőségét gyengíti annak ténye, hogy a homoktartalom folytonos paraméter, amely az agyagbemosódásos talajok esetében nem szerepel mint kritérium így annak klasztereződése jól elkülöníthető csoportokba valószínűtlen. A Silhouette analízis alapján (15. ábra) két gyengén (sziluett szélesség 0,43) elkülöníthető csoport látható. A klaszterek ábrázolása alapján is jól látható a nagy átfedés a két csoport között (16. ábra).

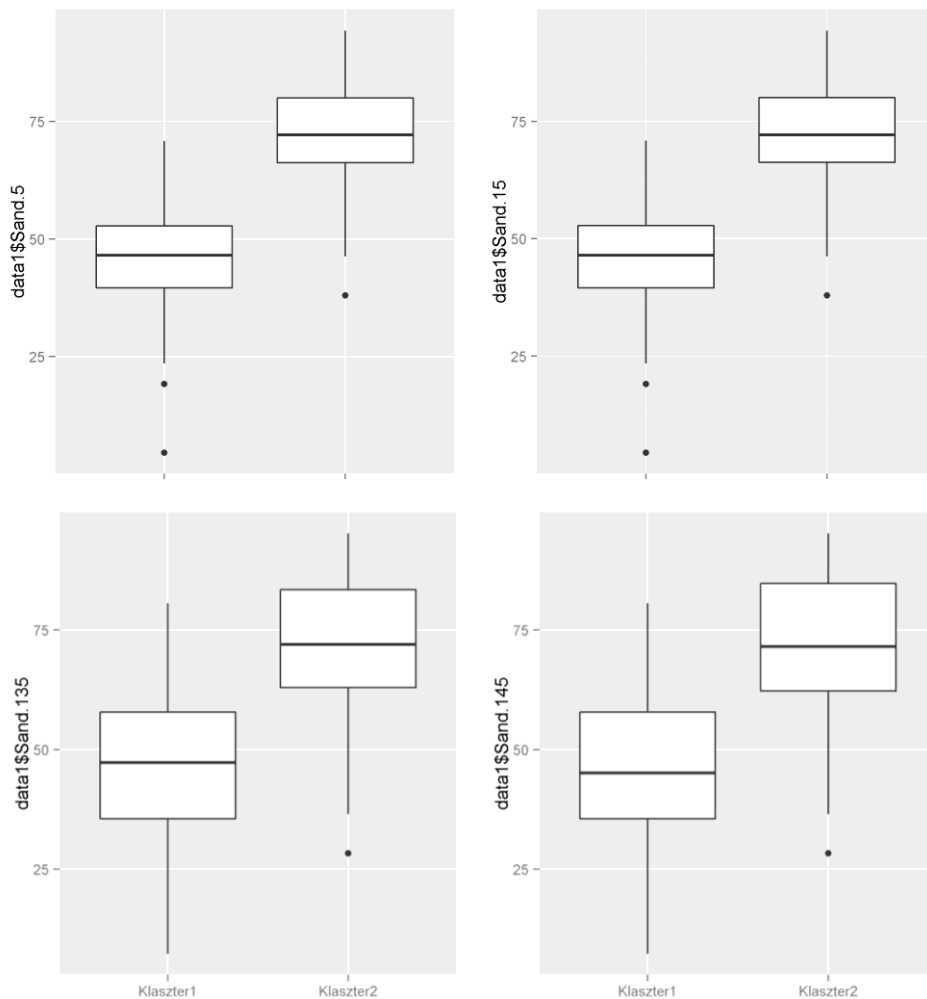


15. ábra. Az Agyagbemosódásos talajok Silhouette vizsgálata homoktartalom alapján



16. ábra. Az Agyagbemosódásos talajok klasztereződése homoktartalom alapján, két komponens alapján (melyek a változatosság 88 %-át írják le)

Boxplot analízissel (mely információt ad az eloszlásról, illetve a kiugró értékekről (Bryman és mtsai., 2005) ábrázolva a két csoport szignifikánsan elkülönül (17. ábra), az első csoport finomabb, kevésbé homokos textúrájú szelvényeket tartalmaz, míg a második csoportban 75 % homoktartalom melletti szelvények találhatóak. Ezek a jelenlegi osztályozás kovárványos barna erdőtalajainak illetve az új Agyagbemosódásos talajok kritériumát teljesítő agyagnövekedéssel rendelkező homoktalajainak feleltethetők meg.

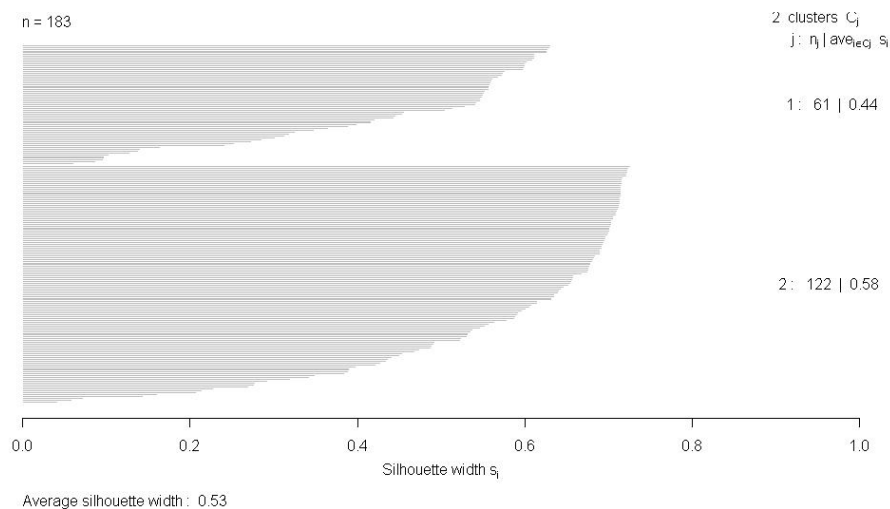


17. ábra. Az Agyagbemosódásos talajok homoktartalmának vizsgálata során létrehozott két klaszter vizsgálata Boxplot ábrával, a mélység és a homoktartalom függvényében (csak 0-10, 10-20, 130-140, 140-150 cm-es rétegekben az ábra olvashatósága okán)

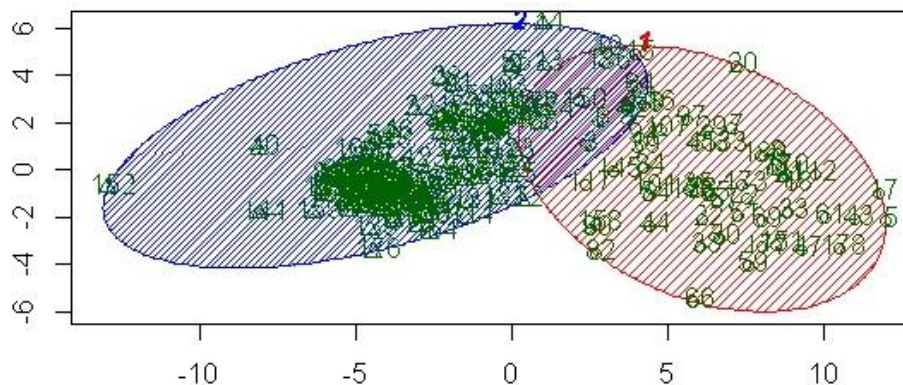
A Silhouette analízis, illetve a klaszter analízis nem mutatott egyértelmű klasztereződést a homoktartalom alapján, azonban a boxplot ábrák rávilágítottak a két csoport közötti különbségre ezek alapján az osztályozás alsóbb szintjén a nagy homoktartalmú (min. 65%) Agyagbemosódásos erdőtalajokat érdemes elkülöníteni.

5.3.1.3. Agyagbemosódásos talajok vizsgálata pH alapján

Az agyagbemosódásos talajok esetén az elsavanyodás és kilúgzás jellemző folyamat. Ennek köszönhetően a pH értékeket elméletileg alacsonyabb tartományba várjuk. Az adatokat megvizsgálva a Silhouette analízis egy nem túl erős (sziluett vastagság 0,53) klasztereződést mutat két csoportba (18. ábra), ahol az egyik csoport az egyedek 2/3-át tartalmazza (19. ábra). A klaszterek ábrázolása után jól kivehető a nagyobb egyedszámú csoport. Természetesen, ahogy a Silhouette analízis is mutatja egyes egyedek mindkét klasztertől hasonló távolságra vannak. Azonban ennek ellenére a kisebb létszámú csoport meglehetősen jól elkülönül.



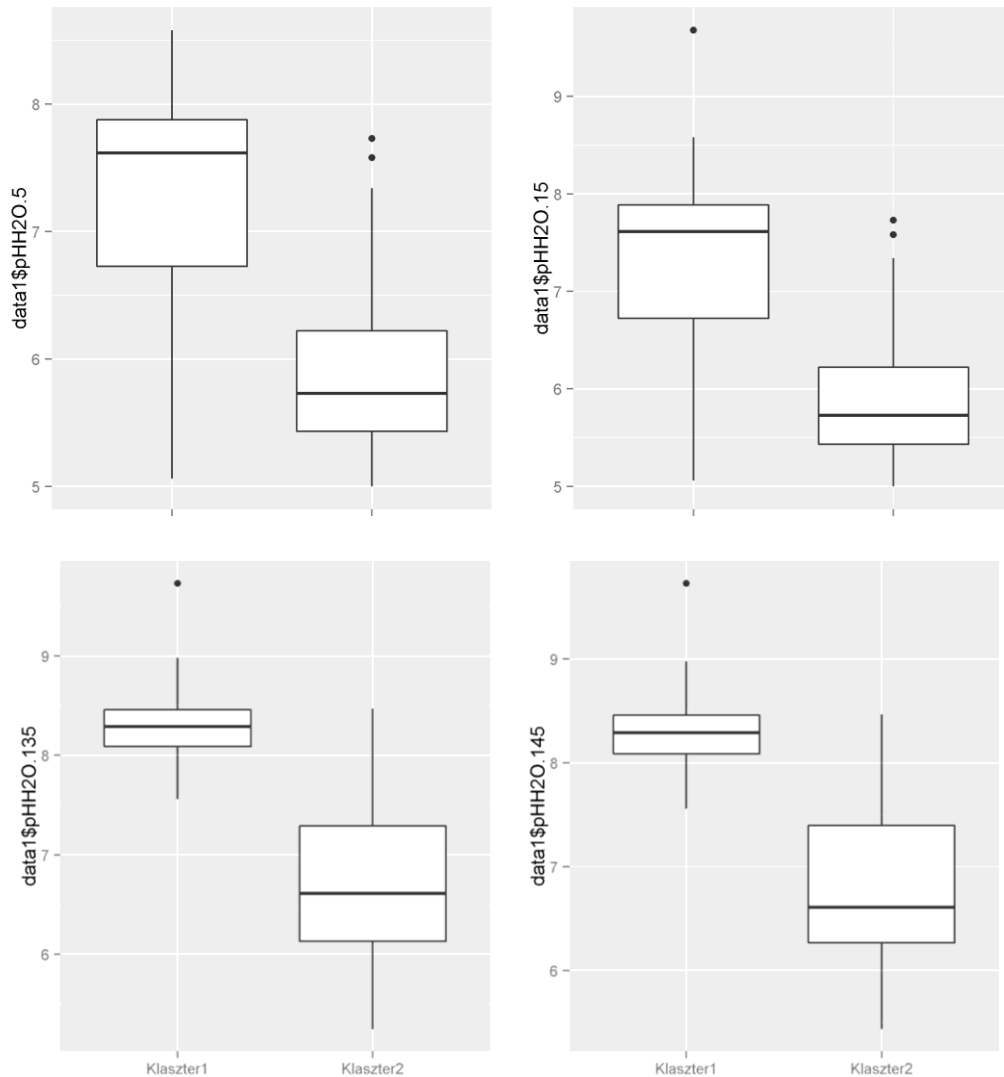
18. ábra. Agyagbemosódásos talajok Silhouette vizsgálata pH alapján



19. ábra. Agyagbemosódásos talajok klaszter analízise pH alapján, két fő komponens mentén ábrázolva (a komponensek a változatosság 92%-t írják le)

A különbség a két csoport között szignifikáns, mint ahogy a boxplot ábra is szemlélteti (20. ábra). A 2. számú klaszter alacsonyabb pH értékekkel és kis szórással rendelkezik a felsőbb szintekben, majd a mélységgel a pH érték nő és a szórással is egyre nagyobb. Az 1. számú klaszter esetén a felszínen 7-8 közötti pH értékek figyelhetők meg nagy szórással, mely a mélységgel emelkedik és a szórással csökken. A magasabb pH-val rendelkező talajok nagy valószínűséggel

olyan talajok, melyek a szolonyeces szint sótartalom-kritériumát nem teljesítik, azonban agyagbemosódásos szinttel rendelkeznek. Ebben az esetben az agyagbemosódásos talajoknál érdemes megvizsgálni, hogy e talajok a koncepcióba beleférnek-e, és ha igen, akkor az alsóbb szinten el kell különíteni azokat, vagy a felső szinten a definíció módosítása szükséges oly módon, hogy ezek a talajok ne soroljanak ki az Agyagbemosódásos talajoknál.

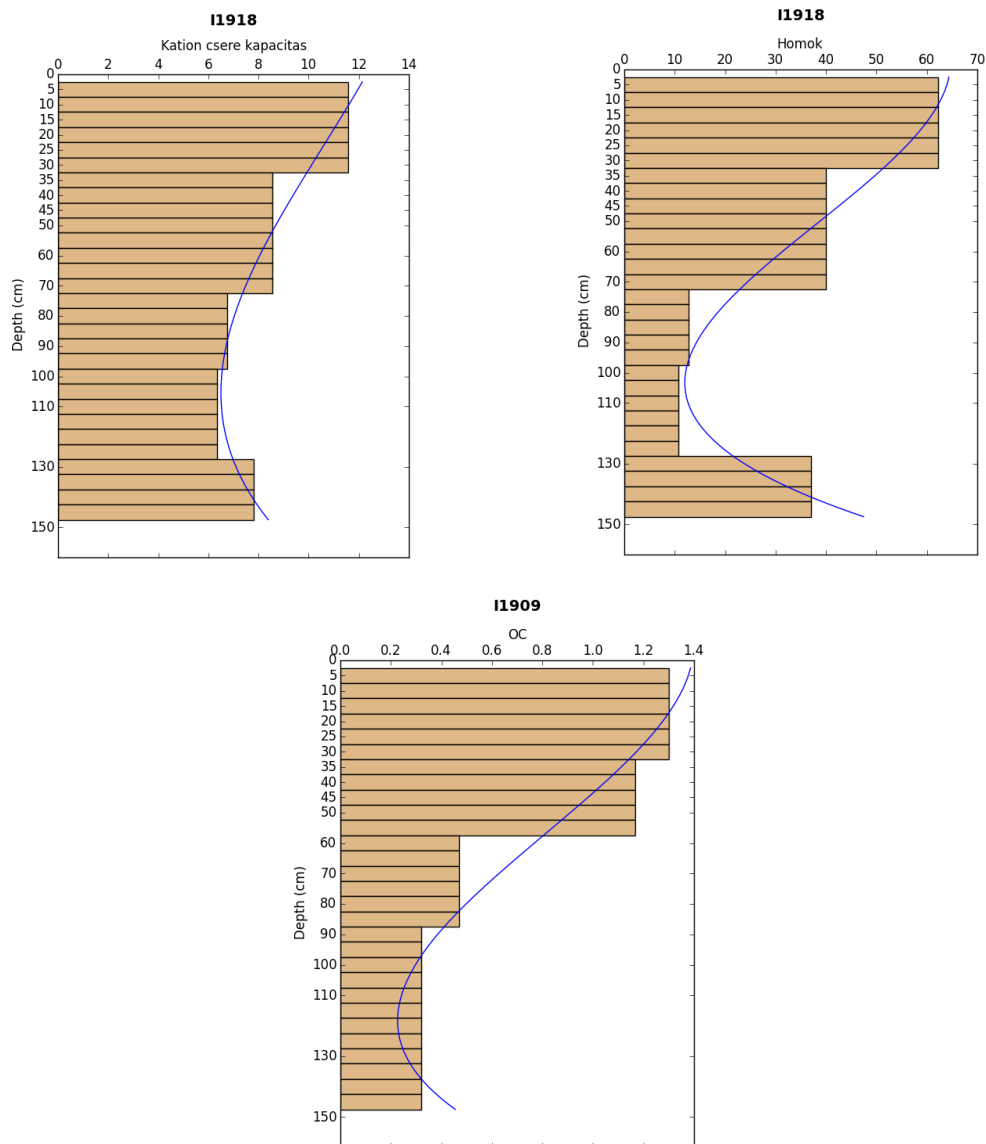


20. ábra. Az Agyagbemosódásos talajok pH értékének vizsgálata során létrehozott 2 klaszter vizsgálata Boxplot ábrával, a mélység és a pH függvényében (csak 0-10, 10-20, 130-140, 140-150 cm-es rétegekben az ábra olvashatósága okán)

5.3.2. Polinomiális görbék alkalmazása az osztályozás alacsonyabb szintjeinek fejlesztéséhez

A polinomiális görbék illesztésénél az irodalomnak megfelelően találunk olyan példát, ahol a görbe jobban, míg máshol kevésbé jól illeszkedik a mért paraméterekre (21. ábra). Több esetben megfigyelhető alul-, illetve felülbecslés. A rétegsor ilyen részletessége mellett a görbék sok

esetben jobban használhatóak, mint más alternatívák mint például a spline illesztések. A hirtelen változásokat azonban ezek a görbék is elfedik. A görbe sokkal inkább egy folyamatos szintátmenetet modellez, mint a valóságban megjelenő hirtelen textúraváltást. Előnye, hogy egy harmadfokú polinom mindössze 4 koefficienssel írható fel, így a változók csökkentése valóban megvalósítható vele. Az előnyök illetve hátrányok alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a görbék illesztése sok esetben a valóságtól teljesen eltérő karakterisztikát modellez, így a módszer alkalmazását az eredeti adatokra elvettem.

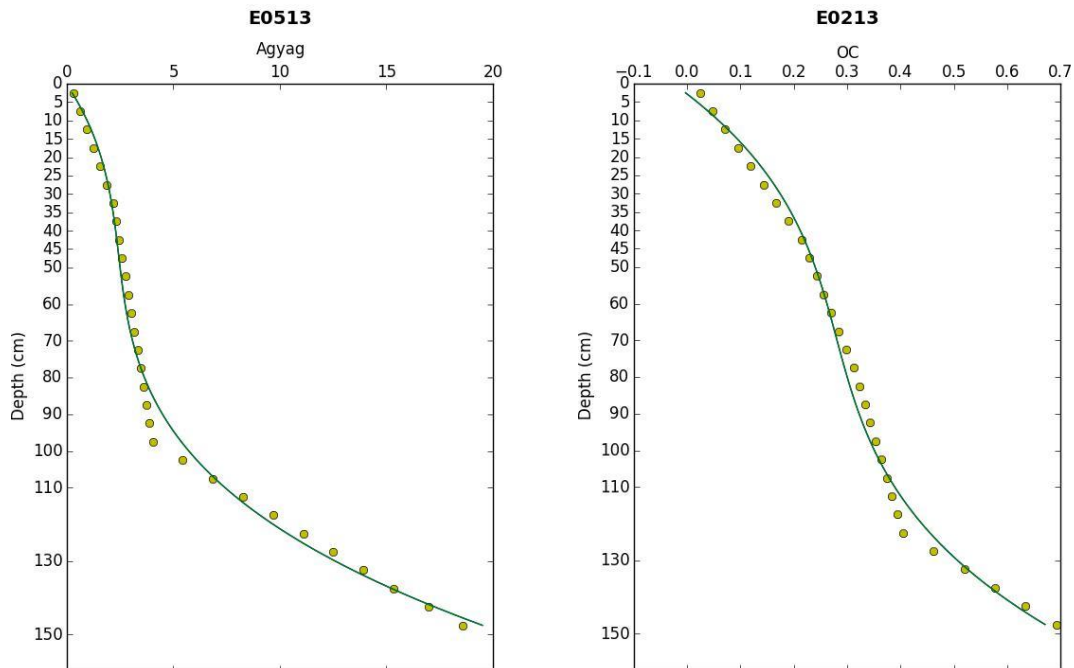


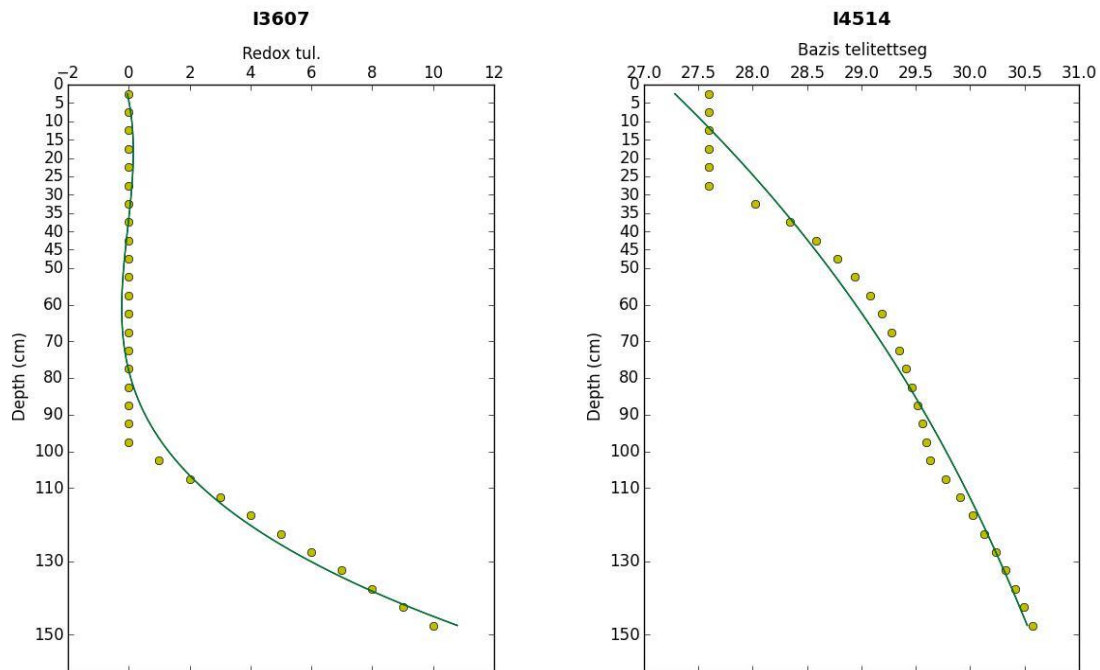
21. ábra. Példák a polinomiális görbék illesztésére az 5 cm-es rétegekre bontott szelvények esetében

Nem talajtani természettudományok esetében (állattenyésztés, növénytermesztés) a polinomok illesztése ugyanakkor rendszeresen alkalmazott módszer a növekedési görbék (kumulatív eloszlás) leírásánál (Lance és Williams, 1967). A talajparaméterek leírása, mint növekedő

paraméter, megvalósítható. A gyakorlatban adott paraméter készletének nevezzük, és a mélységgel növekszik. Talajtanban elsősorban szerves anyag készletet számítunk, de ez más paraméterekre is megvalósítható, igaz valós információtartalma csak additív paraméterek esetében értelmezhető. A készlet számítása a térfogattömeg, a réteg vastagságának, és a paraméter mennyiségének szorzata.

Ezek alapján megkapjuk az adott felület alatt található készletet, mindezt mélységgel kumulálva. Így a vizsgálataim esetén a kumulatív eloszlás görbéjének végpontja az adott felszín alatt 150 cm vastag talajrétegben található paraméter össz mennyisége. A görbék ily módon jobban modellezhetővé válnak a harmadfokú polinomok segítségével (22. ábra). A módszer a hirtelen változásokat így sem modellezi tökéletesen, azonban az előzőeknél lényegesen jobban illesztett görbéket kapunk eredményül. A harmadfokú polinomok pedig itt is lehetővé teszik a változó csökkentést. A vizsgálatban, ahol 10 paramétert 30 mélységben vizsgáltam, ez a 300 változó helyett (rétegek alkalmazása esetén) csupán 40 változót eredményezett.





22. ábra. Példák a polinomiális görbék illesztésére az 5 cm-es rétegekre bontott szelvények kumulált paramétereinek esetében

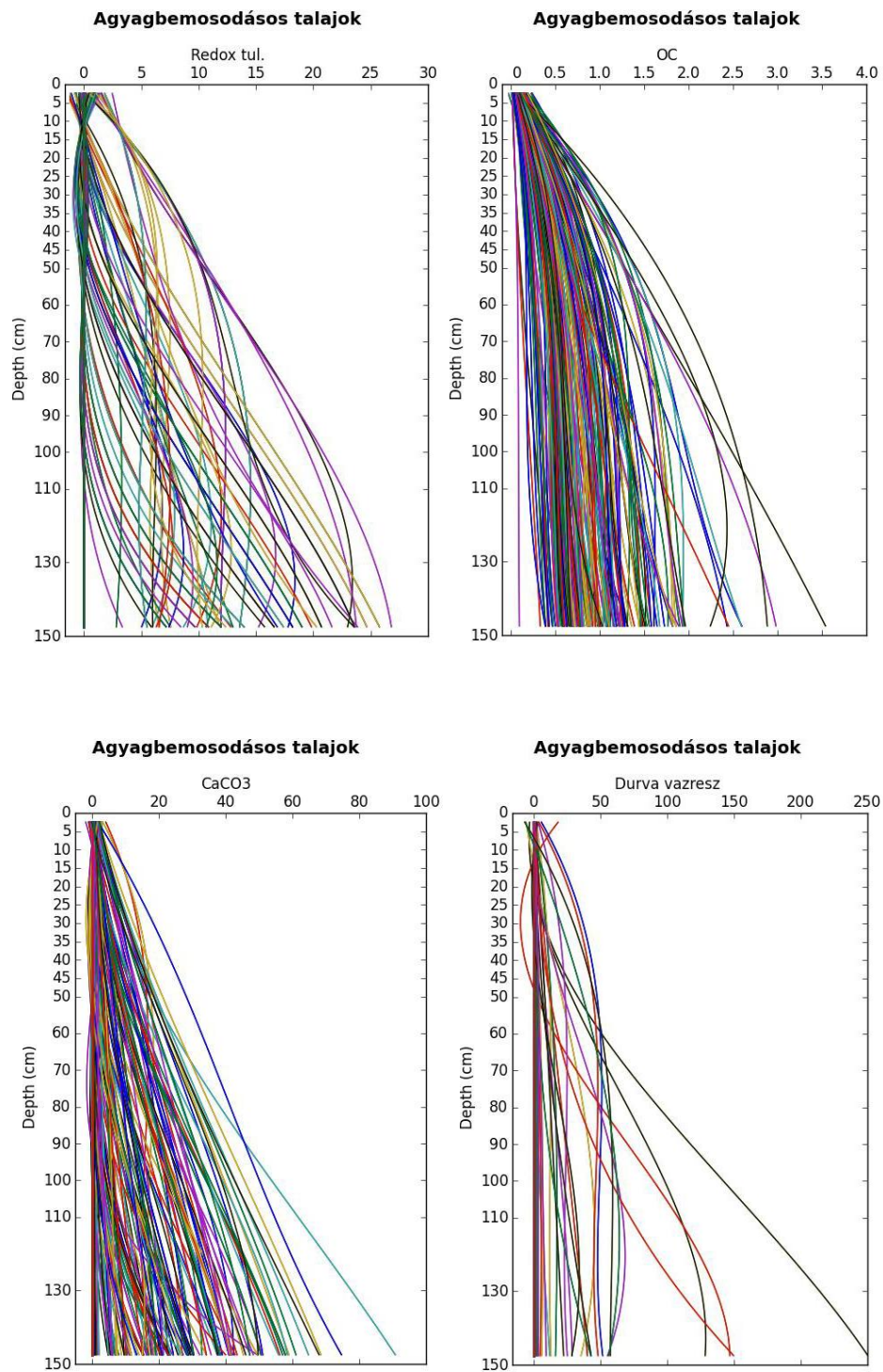
5.3.3. Klaszterezés harmadfokú polinomok segítségével

A görbe alapú klaszterezés esetén a vizsgálatok többek között arra irányultak, hogy a rétegekhez hasonló eredményeket kapunk-e, vagyis a változók csökkentéséhez megfelelő-e a módszer. Emellett egyes paraméterek megjelenését megvizsgáltam a görbék koefficienseinek klaszterezésével. A görbék ábrázolása mellett már könnyen elkülöníthetjük azokat a paramétereket, melyek vizsgálatra érdemesek (23. ábra). A korábban réteg szinten vizsgált redox tulajdonságok a görbe lefutása alapján is jól kivehetők. Elkülöníthetők a kis mélységben már redox tulajdonságokat mutató szelvények azoktól, amelyek csak a mélyebb rétegekben rendelkeznek ilyen morfológiai bélyegekkel. Szervesanyagtartalmat megvizsgálva egyértelmű klasztereződés nehezebben kivehető azonban a többségtől elkülönülnek azok a szelvények, amelyekben mélyebb a szervesanyagban gazdag szint, vagy mélyebben szervesanyag felhalmozódást találunk.

Megfigyelhető azon szelvények elkülönülése, amelyek még mélyebb szintekben sem tartalmaznak kalcium-karbonátot, illetve amelyekben megjelenik ugyan, de csak mélyebb szintekben. A szelvények nagy többségéről megállapítható, hogy a karbonát növekedés folyamatos, és 40 cm környékén jelenik meg.

A durva vázrészek mennyiségének ábrázolása jól mutatja, hogy a vizsgált Agyagbemosódásos talajok jelentős része durva vázrészt nem tartalmaz, ugyanakkor az is megállapítható, hogy a

durva vázrészek jelen lehetnek a talajtípus esetén, így azok további vizsgálata az alacsonyabb szinteken javasolt.

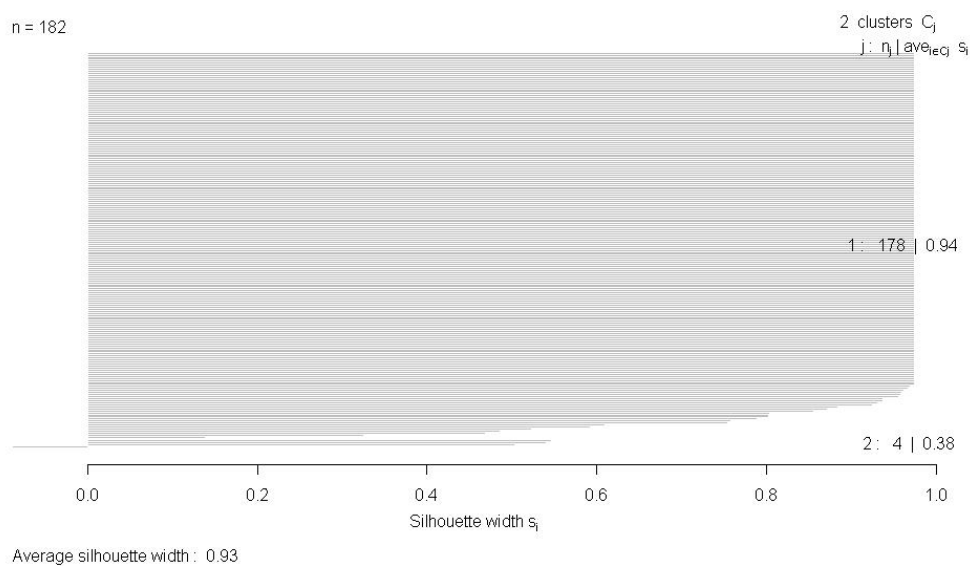


23. ábra. Példák az illesztett kumulatív görbékre a 183 vizsgált talajszelvény esetében, a redox tulajdonságok megjelenését, szerves széntartalmat, CaCO₃-tartalmat és durva vázrészeket ábrázolva

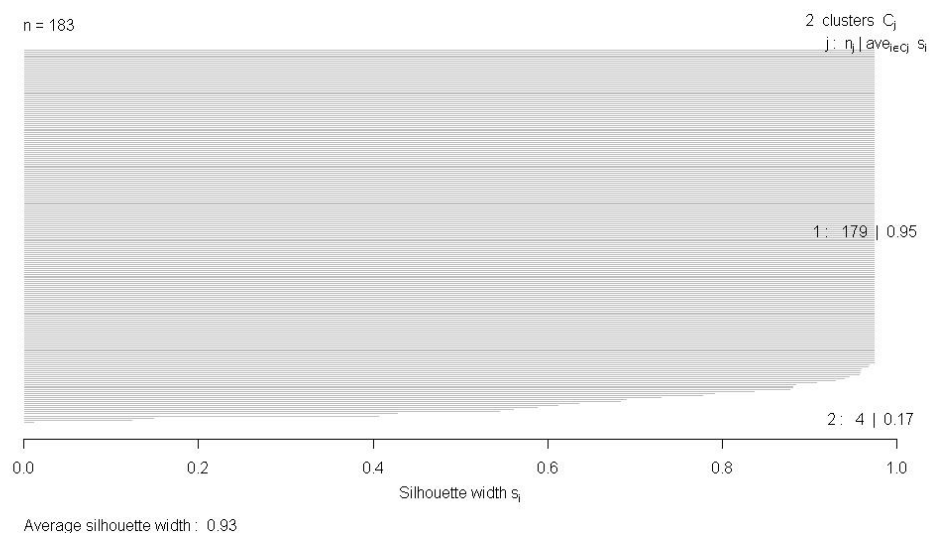
5.3.3.1. Agyagbemosódásos talajok vizsgálata durva vázrészek mennyisége alapján

A vizsgálatokat mind a réteg alapú adatokon, mind a kumulatív görbék esetén elvégeztem. A kumulatív görbék alapján a tulajdonság jó lehetőséget biztosított a két bemeneti állomány használhatóságának összehasonlítására, mivel jól megfigyelhető a szelvények különbözősége, illetve azok csoportokba rendeződése.

A Silhouette vizsgálatokat elvégezve a két állományon hasonló adatokat kaptam (24. és 25. ábra) mindkét állomány esetében két klaszter megjelenésével. A görbék esetében a 2. klaszter nagyobb sziluett szélességgel (25. ábra), de még így is 0.5 alatti értékkel, mely azt mutatja, hogy az egyedek tagsága a csoportban nem egyértelmű.

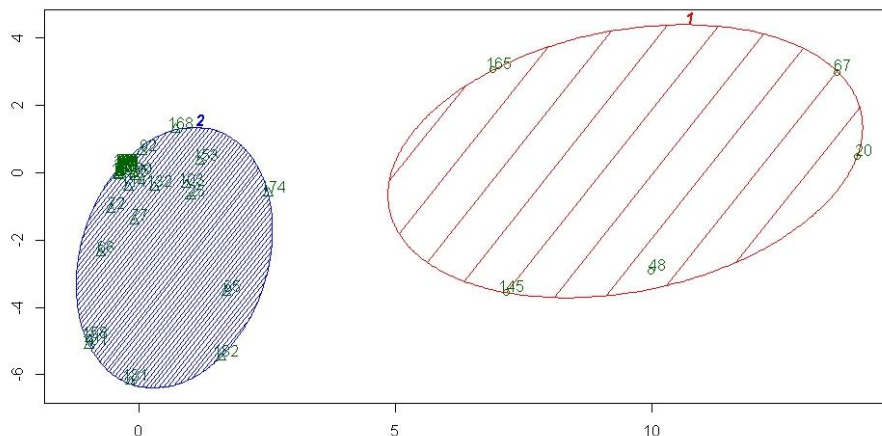


24. ábra. Silhouette analízis a polinomiális görbékkel jellemzett Agyagbemosódásos talajok szelvények durva vázrész tartalmán



25. ábra. Silhouette analízis a rétegekkel jellemzett Agyagbemosódásos talajszelvények durva vázrész tartalmán

A klaszteranalízis eredményeként két jól elkülönülő csoport látható (26. ábra). Nagy számban vannak a durva vázrészt nem tartalmazó egyedek, illetve ebbe a csoportba tartoznak a kevés durva vázrészt tartalmazók. Ettől a csoporttól elkülönülve található azok a szelvények, amelyekben a vázrész mennyisége az adatbázis alapján visszakeresve egyes rétegekben eléri vagy meghaladja a 30 %-ot, mélységtől függetlenül. Ezek alapján javasolt a durva vázrészek, mint alsóbb szinten elkülönítő tulajdonság felvétele az agyagbemosódásos talajok kritériumai közé.

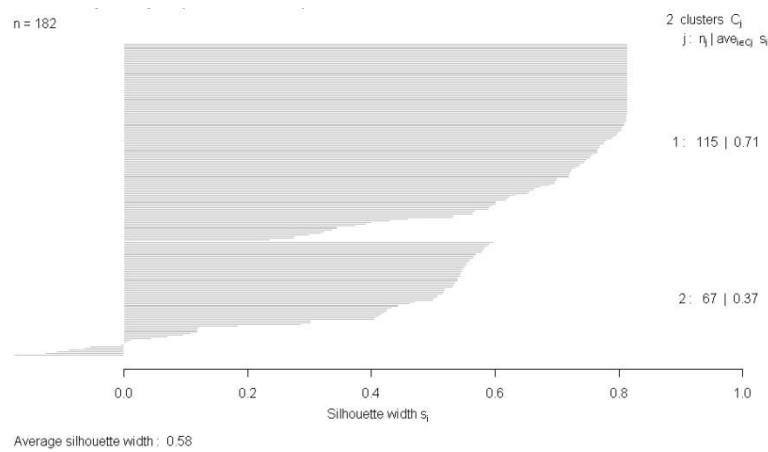


26. ábra. Agyagbemosódásos talajok klaszteranalízisének eredménye, a durva vázrészek mennyiségét vizsgálva, illesztett polinomiális görbék alapján. A két fő komponens, melyek mentén az eredmény ábrázolásra került a változatosság 90 %-át írja le

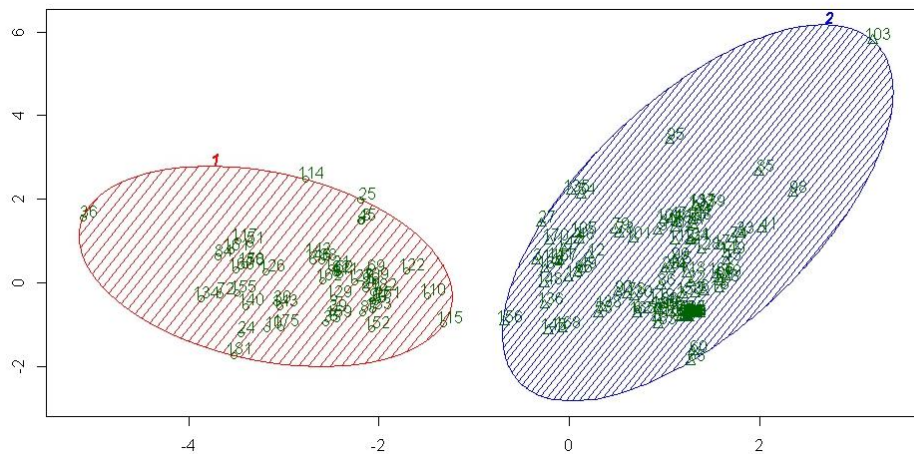
A 30 %-os durva vázrész mennyiség matematikailag határértéknek bizonyult a klasztereződés szempontjából, ekkora mintaszám mellett azonban annak vizsgálata és megállapítása, hogy egyéb tulajdonságokat (vízgazdálkodás, művelhetőség) mely durva vázrész mennyiség befolyásol, nagyobb súlyt kell, hogy kapjon az osztályozási rendszerben a tényleges határértékek megállapításánál.

5.3.3.2. Agyagbemosódásos talajok vizsgálata kalcium-karbonát mennyisége alapján

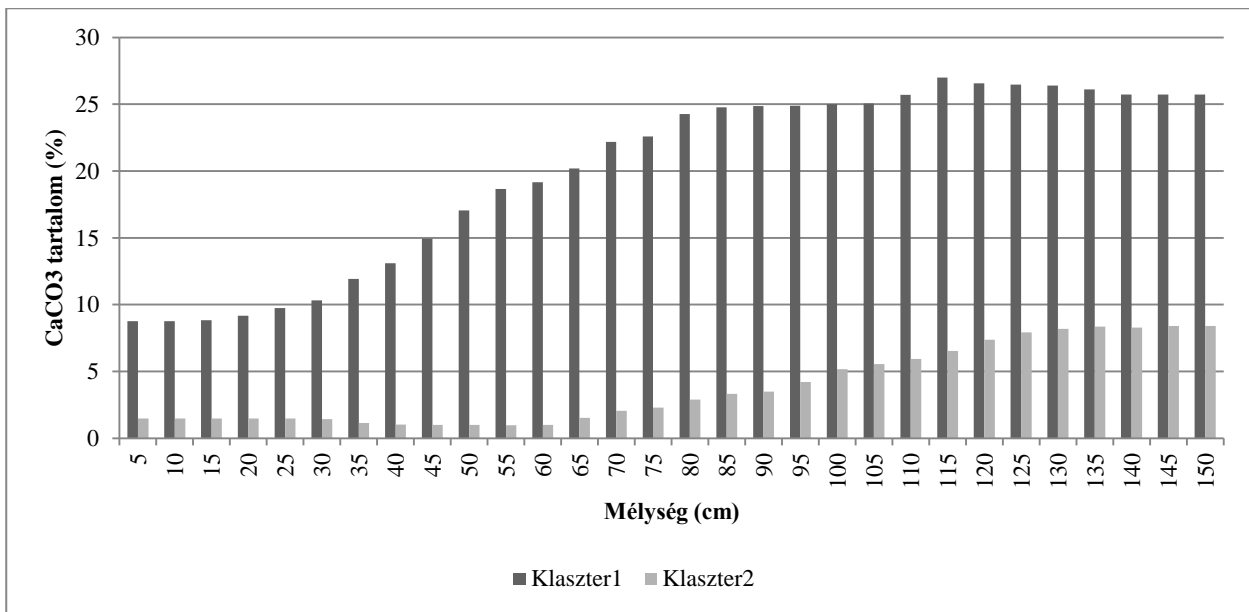
Silhouette analízis alapján a populáció két csoportra különül (27. ábra), ami a korábbi pH eredmények függvényében várható is volt. Az eredmény azzal jól korrelál, a két populáció létszáma azonban némileg különbözik. A klaszterek ábrázolása során két, egymástól jól elkülönülő klaszter figyelhető meg (28. ábra). A két csoport átlagos karbonát mennyiségét ábrázolva mélység alapján jól elkülöníthetők a csoportok (29. ábra). A korábban a pH-nál leírtak itt is érvényesek, azaz a magas karbonát tartalommal rendelkező populáció és a típus definíciójának további vizsgálata szükséges.



27. ábra. Silhouette analízis a polinomiális görbékkel jellemzett Agyagbemosódásos talajszelvények kalcium-karbonát tartalma alapján



28. ábra. Agyagbemosódásos talajok klaszteranalízisének eredménye, a kalcium-karbonát mennyiségét vizsgálva, illesztett polinomiális görbék alapján. A két fő komponens, melyek mentén az eredmény ábrázolásra került a változatosság 85 %-át írja le



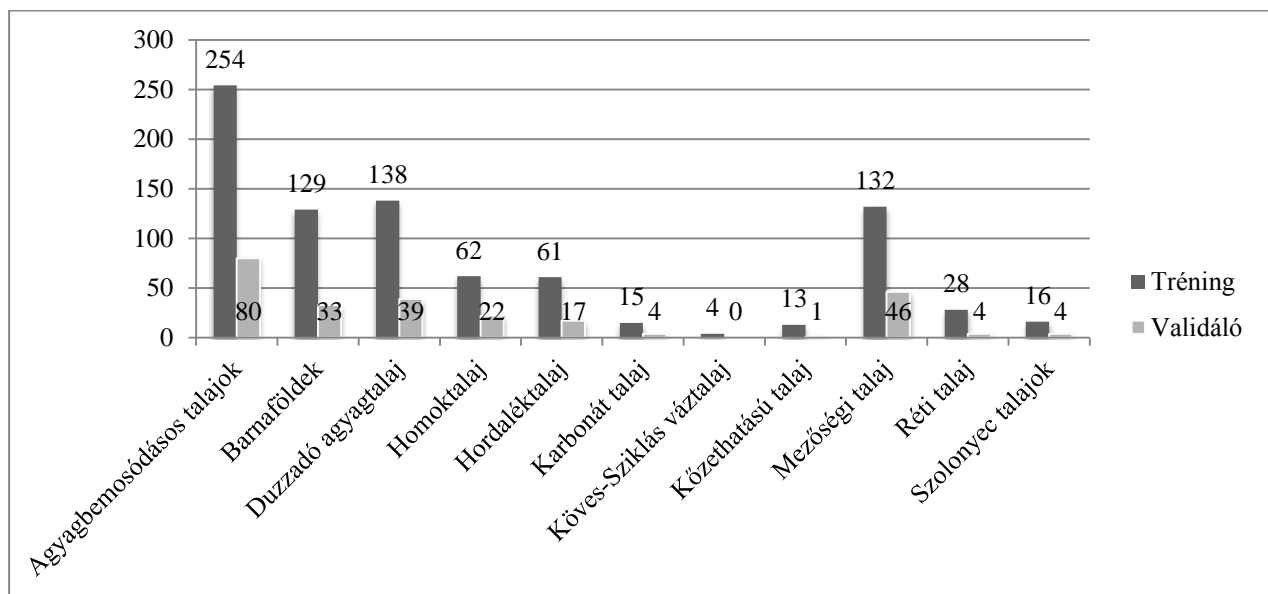
29. ábra. Az Agyagbemosódásos talajok két létrehozott klasztere az átlagos CaCO_3 -mennyiség alapján, egyes mélységekben (183 szelvény alapján)

A vizsgálatok alapján elmondható, hogy matematikai módszerek használatával lehetőség van adatbázisok segítségével a talajosztályozási egységeken belüli, az elkülönítéshez jelentős tulajdonságok definiálására, illetve azok vizsgálatára mélység szerinti megjelenés alapján. A vizsgálatok több esetben harmonizáltak a korábban is elkülönített típusok tulajdonságaival (kovárványos barna erdőtalajok homoktartalom alapján, vagy a pangóvízes talajok elkülönülése redox tulajdonságok alapján). A további, vizsgálatok feltárhatnak további olyan tulajdonságokat, melyeket érdemes a javasolt hazai osztályozás alacsonyabb szintjein kiemelni, így a vizsgálatokat javaslom kiterjeszteni a többi típusra is.

5.5 Talajterképek létrehozására modern terepi felvételezési módszerek és tematikus talajterképek használatával

5.5.1. Osztályozás a Global Soil Map specifikáció alapján taxonómiai távolság számítással

A vizsgálatokba bevont talajszelvények megoszlása validáló és tréning populáció alapján a javasolt osztályozási rendszer talajtípusainak megfelelően a 30. ábrán látható. A Köves-Sziklás típust adathiány miatt a további vizsgálatokba nem tudtam bevonni, mivel a centroid számításhoz nem állt rendelkezésre megfelelő mennyiségű adat.



30. ábra. A Global Soil Map specifikáció alapú taxonómiai távolság számításhoz használt tréning és validáló szelvények eloszlása talajtípus alapján

Az eredményül kapott távolságmátrix alapján a 21. táblázatban mutatom be az eredményeket. Az egyes talajtípusok esetén ismertette a validáló szelvények százalékos megoszlását aszerint, hogy saját típusuknak megfelelően hányadik helyen osztályozódtak.

Az eredmények alapján elmondható, hogy a Homoktalajokat leszámítva a GSM specifikációt használva az új magyar osztályozás típusainak származtatása talajterkép létrehozására taxonómiai távolság számítással nagy hibát eredményez. Az átlagos pontosság (taxonómiai távolság szerint legközelebbi) 250 validáló szelvény esetében nem éri el a 30 %-ot.

21. táblázat. Validáló szelvények eloszlása a Global Soil Map specifikáció alapú taxonómiai távolság számítás eredménye alapján

Talajtípus	Validáló szelvények eloszlása taxonómiai sorrend alapján (%)									
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Agyagbemosódásos talaj	0	0	1	0	0	13	40	45	1	0
Barnaföld	30	24	9	27	9	0	0	0	0	0
Duzzadó agyagtalaj	51	3	10	8	0	13	3	10	3	0
Homoktalaj	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hordaléktalaj	41	0	47	0	6	6	0	0	0	0
Karbonát talaj	50	0	25	25	0	0	0	0	0	0
Közethatású talaj	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
Mezőségi talaj	24	35	17	17	7	0	0	0	0	0
Réti talaj	0	0	0	0	75	0	25	0	0	0
Szolonyec talajok	25	0	0	0	0	0	0	0	0	75
Összesen	29	10	10	8	4	6	14	16	1	1

5.5.2. Osztályozás a Global Soil Map specifikáció alapján random forest módszerrel

A módszer alkalmazása során 500 iteráció mellett a teljes mintaszám 30 %-át kitevő állandó validáló szelvényekkel ellenőriztem a módszer megbízhatóságát. A módszer alkalmazásával egy átlagos megbízhatóság mellett, minden egyes típus esetén számítható az átlagos megbízhatóság. Ezt a 22. táblázat szemlélteti.

Az átlagos megbízhatóság a módszer esetében meghaladja a 75 %-ot. Ugyanakkor egyes típusok esetében ez meglehetősen alacsony. A Szolonyec és a Karbonát talajok félreosztályozása elsősorban a típust meghatározó fő paraméterek hiányával magyarázható. A Közethatású talajok esetében a félreosztályozás alapja az, hogy a fő meghatározó paraméterek, melyek a fa „tetején” válnak szét, nem a durva vázrész mennyiségére vonatkoznak. Emellett problémát jelenhet az is, hogy a Közethatású talajok szelvényének száma limitált az adatbázisban (14). Összességében azonban elmondható, hogy a módszer alkalmas lehet a GSM specifikáció alapú térképek osztályozására a javasolt hazai talajtípusok alapján. Emellett kiemelő, hogy a modellbe környezeti paraméterek, úgymint domborzat, vegetáció, elhelyezkedés, talajképző kőzet nem kerültek bevonásra. Vélhetően a környezeti paraméterek bevonásával a módszer pontossága tovább javítható.

22. táblázat. Global Soil Map specifikáció alapú random forest számítás megbízhatósága talajtípusonként

Talajtípus	Megbízhatóság
Agyagbemosódásos talaj	79%
Barnaföld	71%
Duzzadó agyagtalaj	88%
Homoktalaj	82%
Hordaléktalaj	62%
Karbonát talaj	54%
Közethatású talaj	58%
Mezőségi talaj	69%
Réti talaj	76%
Szolonyec talaj	60%
Átlag	75%

6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Létrehoztam egy adatharmonizáló algoritmust és egy minőségellenőrzési rendszert, továbbá egy osztályozó algoritmust, melyek alkalmasak a hazai TIM nomenklatúra alapján készült archív adatok nemzetközi megfeleltetésére, illetve a javasolt hazai talajosztályozási rendszer egységeire konvertálni azokat.
2. Alkalmaztam a taxonómiai számítás módszerét különböző talajosztályozási rendszerek típusainak korrelálására, mind koncepció, mind centroid alapon.
3. Matematikai módszerek használatával kidolgoztam a hazai osztályozási rendszer alacsonyabb osztályozási szintjeinek fejlesztéséhez használható eszközt.
4. Matematikai módszerekkel réteg alapú talajinformációkból sikeresen származtattam a javasolt hazai osztályozás típusait, ezzel megalapozva egy, a javasolt osztályozási rendszer típusain alapuló új hazai talajtérkép létrehozását.

7. KÖVETKEZETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A nemzetközi trendek, Európai uniós elvárások és a hazai talajadat iránti igény kielégítésére elengedhetetlen az ország archív adatállományának összegyűjtése, minőségi vizsgálata, harmonizálása, rendszerbe foglalása. Hazánk a gazdag adatállománynak és a képzett talajtani szakembereinek köszönhetően többek között mezőgazdasági technológiák fejlesztésével, a legújabb kutatások gyakorlati munkában való átültetésével tűnhet ki nemzetközi szinten. Ennek eléréséhez azonban szükség szerű a hazai talajtanos szervek, kutató központok, egyetemi és egyéb műhelyek összefogása, egy közös cél érdekében való együttes fellépése. Ennek első lépése lehetne egy olyan egységes adatbázis létrehozása, mely alapját képezheti a kutatásoknak, döntéshozásnak és adatszolgáltatóként működik mind az állampolgárok, mind az egyéb tudományos területek kutatói számára.

Egy ilyen rendszer létrehozását vizsgáltam meg és hoztam létre elemeit, melyek alkalmasak az egy rendszerbe integrálásra. Vizsgálataim alapján megállapítottam, hogy az adatharmonizálás és adatellenőrzés automatizálható, így mind az archív adatok integrálása, mind az új, egy esetleges sztandardizált terepi felvételezési programból származó adatok ellenőrzése, egy struktúrára rendezése gyorsan és költséghatékonyan elvégezhető. Javaslom egy ilyen rendszer szabványosítását, egy alap minőségellenőrzési algoritmus sorozat lefektetését, mely alapja lehet a hazai talajadatok minőségellenőrzésének.

Létrehoztam egy olyan adatstruktúra modellt, amely alkalmas lehet a jelenlegi, hazánkban alkalmazott és vizsgált struktúráknál több, részletesebb adat tárolására, illetve a több adatforrásból származó adatok integrálására, azok harmonizálására. Az adatstruktúra a leíró adatok harmonizálása és a metaadatok tárolása mellett tárolja a laboratóriumi adatok harmonizálására szolgáló faktorokat, lehetővé téve a könnyebb átszámítást, a talajtanban és a módszerek diverzitásában nem jártas felhasználó számára is. Egy hazai harmonizált adatbázis struktúrájának véglegesítése esetén javaslom ezen adatok integrálását.

Az archív adatok korrelálásának programozása mellett létrehoztam a javasolt új magyar osztályozás típusaira való konvertálást szolgáló osztályozó algoritmust, amely amellet, hogy alapját képezheti az osztályozás alacsonyabb szintjeinek fejlesztésének, illetve az archív adatok osztályozásával az ország újratérképezésének, lehetőséget nyújt az archív adatok konvertálására, így azok mentésére.

Az újraosztályozással lehetőség nyílt a javasolt típusok vizsgálatára, az osztályozás alacsonyabb szintjeinek fejlesztésére. Egyszerű statisztikai módszerekkel, Silhouette- és klaszteranalízissel megvizsgáltam a típuson belüli fontos elkülönítő tulajdonságok. Ezek alapján javaslom a hazai

osztályozás fejlesztésénél a matematikai módszerek alkalmazását. A módszer segítségével feltárhatók a fontos tulajdonságok, illetve azok mélység szerinti klasztereződése, azonban a matematikai módszerek csupán segítségként kell, hogy szolgáljanak, az osztályozás gyakorlati alkalmazhatósága, annak egységessége kell, hogy vezesse a határértékek, számszerűsített definíciók létrehozását.

A taxonómiai távolság számítás sikeres alkalmazásával talajosztályozási rendszerek közötti harmonizációra egy olyan, más tudományágakban is alkalmazott módszert használtam, mely alkalmas lehet archív adataink korrelálásra, illetve a javasolt osztályozási rendszer és a WRB, vagy a jelenlegi osztályozás kapcsolatának vizsgálatára is. A módszer alkalmazása a további harmonizálási és osztályozási rendszer-fejlesztési munkákban javasolt, azok kiterjesztésével további talajtípusokra.

Ráműtöttem annak lehetőségére, hogy matematikai módszerekkel talajosztályozási információ, pontosabban a javasolt talajtípusok származtathatók tematikus, GlobalSoilMap specifikációjú adatokból. A hazai adatgazdagságnak köszönhetően a projektben használt módszerek mellett a térképek valószínűleg nagyobb megbízhatósággal származtathatók, mint más, adathiányos területeken. Ennek köszönhetően a hazai talajtípus térképek aktualizálása a vizsgált módszerekkel elvégezhető. A módszer alapja az archív, ellenőrzött, vagy újonnan felvételezett talajadatok megléte. Ennek megvalósíthatóságának, így a hazai talajtérképi állomány megújításának vizsgálatát javaslom.

A dolgozatomban felvázolt lépések alapján egy sztandardizált hazai rendszer létrehozásával, nemcsak a hazai talajtanos közösség nyerne, hanem a közösség megítélése is javulna a társtudományok kutatói szemében (sztandardizált módszerek és eljárások létrehozásának igénye). A hazai talajtanos közösség potenciáljával lehetőség nyílna egy olyan rendszer létrehozására, mely példaként szolgálhatna a világban és hazánk visszakerülhetne a korábban elfoglalt, elismert pozíciójába a talajtan világtérképén.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

A robbanásszerű népességnövekedés, az ezzel járó energia- és élelmiszerigény hatalmas terheket ró a bolygóra. A környezeti és szocio-ökonómiai modellek segíthetnek a változások, igények előrejelzésében, azonban az eredmények minőségét a bemenetként szolgáló információk nagymértékben meghatározzák. Ilyen modellekbe (is) bemenetként szolgálnak a talajinformációk. A világon elérhető talajinformáció sok esetben területileg, tematikailag és minőségileg is korlátos. További problémát jelent ezek harmonizálásának, egy egységbe foglalásának hiánya. Hazánk, talajinformációt tekintve gazdag országnak mondható, azonban a harmonizálás, az adatok egy rendszerbe rendezése, azoknak a nyilvánosság számára elérhetővé tétele mindmáig megoldatlan.

Dolgozatomban megalapoztam egy olyan rendszert, amely minőségellenőrzési, és adatharmonizálási algoritmusok sorozatára épül, majd a megvizsgált adatokat egy olyan adatstruktúrába rendezi, amely alkalmas a több forrásból származó adatok tárolására, azok harmonizálására.

A taxonómiai adatok korrelálására mind a javasolt és megújítás alatt álló hazai osztályozási rendszert, mind a nemzetközi rendszert tekintve megvizsgáltam lehetőségeket. A javasolt hazai osztályozás esetében egy automatizált osztályozó kulcs segítségével, míg a nemzetközi osztályozási rendszer esetében úgynevezett taxonómiai távolság számítás módszerével korreláltam az adatokat. Az újraosztályozott archív adatok alapján matematikai módszereket tanulmányoztam az osztályozás alacsonyabb szintjeinek fejlesztéséhez, javasoltam azok használatát az osztályozási rendszer alacsonyabb szintjeinek fejlesztésében.

A nemzetközi trendekhez igazodva, megvizsgáltam olyan réteg alapú tematikus állományokat, mint a Global Soil Map adatállománya. Matematikai módszerek segítségével az állományok alapján megállapítottam, hogy annak ellenére, hogy e projektek nem talajtípus információ modellezésére születtek, azok származtatása jó határfokkal elvégezhető.

A létrehozott és tesztelt módszerek alkalmasak egy rendszerbe való foglalásra, így megkönnyítve, meggyorsítva és költséghatékonyá téve az adatharmonizálást, adatellenőrzést, további adatok (pl. digitális térképezéshez bemeneti adatok) származtatását.

A nemzeti, nemzetközi adatigény mellett felmerül a kérdés, hogy a hazai talajtani társadalomban megérett-e az igény és hajlandóság az adatok nyilvánossá tételére; ezáltal egy olyan, világszinten is példaértékű rendszer létrehozására, mely nem csupán a talajtani kutatóműhelyek és a talajtani adatokat kutató, felhasználó szakemberek javát szolgálja, de más tudományágak képviselőinek és a döntéshozásnak is előnyére válik.

9. SUMMARY

The rapid growth in world population, related increasing need of food and energy resulted in data hunger to feed environmental and socio-economical models to predict the future changes, issues and needs, but their uncertainty strongly relies on the reliability of the input data. Spatial soil information supports these models, while serve as input for many others. The quality and spatial distribution of the available data sources are limited in many cases. New surveys are not fore seen, hence the harmonization of soil data collected, analyzed and processed with different methods at different times is one of the greatest challenge for data users and applications. The lack of harmonization and correlation of these datasets is another serious issue. Hungary is rich in soil data, but the lack of harmonization, standardization, synthesis and free, easy access of these datasets, makes interpretation, utilization difficult.

The aim of the research was to develop a system for harmonization, correlation and storage of different national datasets, and also to provide tools for international correlation, and mapping purposes. A series of automated algorithms were developed in a programming environment to provide a tool for fast and reliable data correlation. The program is capable to deliver data in a format suitable to import into a database system, developed to provide a platform for data of different sources on a harmonized way. Correlation of taxonomic information was performed with different methods. The soil types of the Hungarian soil classification system were correlated with World Reference Base for Soil Resources Reference Soil Groups with taxonomic distance calculation, a mathematical method that is capable to define similarities and dissimilarities of taxa. The soil types of the recently proposed, improved Hungarian soil classification system were also derived from datasets, through a developed series of classification algorithms, defined according to the classification key. Correlated datasets, made mathematical studies possible, to define the lower classification levels of the system. Silhouette, cluster and principal component analysis were performed to derive important characteristics.

Layer based datasets, like the specification of the Global Soil Map project, was also successfully tested to derive soil classification information. These methods can provide a tool to (re)map the country according to the proposed Hungarian soil classification system.

The study revealed fast and reliable methods for soil data harmonization and correlation, and a feasible database structure for storing diverse data. Different techniques were proposed and used for the further improvement of the proposed Hungarian soil classification system, and also to derive the units of the systems from datasets developed for thematic and not for soil class mapping.

10. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom, témavezetőmnek Csákiné Dr. Michéli Erikának az elmúlt években kapott támogatásért, iránymutatásért, a rengeteg hazai és külföldi lehetőségért, melyek mind hozzájárultak szakmai és emberi fejlődésemhez.

Köszönettel tartozom Dr. Fuchs Mártának, Dr Szegi Tamásnak, Csorba Ádámnak, a csapatnak, melynek annyi jó emléket, tapasztalatot, barátságot köszönhetek, akik megkönnyítették és néha megnehezítették a munkát.

Köszönet illeti további kollégáimat Csibi Melindát, Gergely Ildikót akik, vagy a laborban, vagy egyéb tevékenységükkel, de hozzájárultak e munka elkészültéhez.

Köszönettel tartozom Dr. Berényi Üveges Juditnak, Dr. Sisák Istvánnak, Dr. Pásztor Lászlónak, Dr. Cinkota Imrének akik a munkahelyi vita során hasznos bírálatukkal, hozzászólásukkal hozzájárultak, ahhoz, hogy a dolgozat a jelenlegi formában készüljön el.

Köszönet illeti azokat a nemzetközi és hazai szakembereket, hallgatókat, barátokat, akik valamilyen módon szerepet vállaltak abban a hosszú folyamatban, mely odáig vezetett, hogy a munka elkészült. A teljesség igénye nélkül, Dr. Phillip Owens, Dr. Leigh Winowicki, Dr. Tor Gunnar Vagen, Dr. Alex B. McBratney, Gulyás Miklós, Tóth Bence, Egyed László, Szuvandzsiev Péter, Kalkbrenner Pál, I. Olivér, Búdi Károly, Alexey Sorokin, Robert Brown, Benkő Ákos és a 400-as csapat és sokan mások.

Végül de nem utolsó sorban köszönettel tartozom családomnak akik mindig mellettem álltak és állnak.

MELLÉKLETEK

M1. Irodalomjegyzék

- AD-HOC BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung, Hannover, 5. Auflage, 438pp
- AFES (1998): A sound Reference Base for Soil Resources (The Referentiel Pedologique: text in English), INRA, Paris, 322p
- AFSIS (2013): African Soil Information Service projekt honlap , 2013, November, (<http://www.africasoils.net/about/rationale>)
- ARNOLD R. W. (1968): Pedological significance of lithologic discontinuities. Trans. 9th Intl. Cong. Soil Sci., Adelaide. 4. 595–603.
- ARROUAYS D., MORVAN X., SABY N.P.A., RICHER DE FORGES A., LE BAS C., BELLAMY P.H., BERÉNYI ÜVEGES J., FREUDENSCHUß A., JONES A. R., JONES R. J. A., KIBBLEWHITE M.G., SIMOTA C., VERDOODT A., VERHEIJEN F. G. A. (Szerk.) (2008): Environmental Assessment of Soil for Monitoring: Volume IIa Inventory & Monitoring. EUR23490 EN/2A, Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 188p.
- BARANYAI F. (szerk.) (1989): Melioráció-öntözés és talajvédelem. Útmutató a nagyméretarányú országos talajtérképezés végrehajtásához. '88 melléklet, Agroinform, Budapest. p. 6.
- BARTA K., TANÁCS E., SAMU A., KEVEINÉ B. I. (2009): Hazai rendzinák megfeleltetése a WRB nemzetközi talajosztályozási rendszerben. *Agrokémia és talajtan*, 58(1), 7-18. p.
- BARTA, K. (2013): Észrevételek, javaslatok a megújuló hazai talajosztályozási rendszer vitaanyagához. Észrevételek A Magyar Talajtani társaság 2013. június 20-i ülésén bemutatott vitaanyaghoz. www.talaj.hu/magyar/szakosztalyok/Talajgenetika
- BATJES N.H., BRIDGES E.M. (1994): Potential emissions of radiatively active gases from soil to atmosphere with special reference to methane: development of a global database (WISE). *J. Geogr. Research* 99 (08): 16 479-16 489.
- BATJES N.H. (ed.) (1995): A homogenized soil data file for global environmental research: a subset of FAO, ISRIC and NCRS profiles (version 1.0). Working Paper and Preprint 95/10b. International Soil Reference and Information Centre, Wageningen
- BATJES N.H.(2008): ISRIC-WISE Harmonized Global Soil Profile Dataset (Ver. 3.1). Report 2008/2, ISRIC – World Soil Information, Wageningen, The Netherlands.
- BATJES N.H.(2009): Harmonized soil profile data for applications at global and continental scales: updates to the WISE database. *Soil Use and Management*, 25, 124-127. p.
- BIDWELL O. W., HOLE F. D. (1964a): Numerical taxonomy and soil classification. *Soil Science* 97. 58–62.
- BIDWELL O. W., HOLE F. D., (1964b): An experiment in the numerical classification of some Kansas soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 26. 263–268.
- BEDDINGTON J., ASADUZZAMAN M., FERNANDEZ A., CLARK M., GUILLOU M., JAHN M., ERDA L., MAMO T., BO N VAN., NOBRE CA., SCHOLLES R., SHARMA R., WAKHUNGU J. (2011): Achieving food security in the face of climate change: summary for policy makers from the Commission on Sustainable Agriculture and Climate

Change. Copenhagen, Denmark: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).

- BERTÓTI R. D., DOBOS E. (2013): Lejtőhordalék talajok osztályozásának nehézségei Alacska talajainak példáján. In: Bertóti R. D., Dobos E. (szerk.) Talajtani Vándorgyűlés: talajtan a mezőgazdaság, a vidékfejlesztés és a környezetgazdálkodás szolgálatában. Konferencia helye, ideje: Miskolc, Magyarország, 2012.08.23-2012.08.25. Miskolc:Z-Press Kiadó,p. 34.
- BREIMAN L. (2001): Random Forests, *Machine Learning* 45 (1): 5–32. doi:10.1023/A:1010933404324.
- CAMPBELL N. A., MULCAHY M.J., MCARTHUR W.M. (1970): Numerical classification of soil profiles on the basis of field morphological properties. *Australian Journal of Soil Research* 8, 43–58.
- CLINE M. G. (1949): Principles of soil classification. *Soil Science*. 67. 81–91.
- COLWELL J. D. (1970): A statistical–chemical characterization of four great soil groups in southern New South Wales based on orthogonal polynomials. *Australian Journal of Soil Research* 20, 221–238.
- COM 179 (2002): Towards a Thematic Strategy for Soil Protect. Brussels. (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2002:0179:FIN:EN:PDF>)
- CRG-CST (2001): chinese soil taxonomy, Li Feng (ed), Science Press, Beijing and New York, 203pp
- DEBRECZENINÉ, KUTI L., MAKÓ A., MÁTÉ F., SZABÓNÉ KELE G., TÓTH G., VÁRALLYAY GY. (2003): A D-e-Meter földminősítési viszonyszámok elméleti háttere és információtartalma. 23-38 p. In: GAÁL Z. és mtsai. (szerk.): Földminősítés és Földhasználati információ. Keszthely: Veszprémi egyetem, 379 p.
- DECKERS J., DRIESSEN P., NACHTERGAELE F.O.F., SPAARGAREN O., BERDING F. (2000): Anticipated Developments of the World Reference Base for Soil Resources. 245-256. p. In: ESWARAN H., RICE T., AHRENS R., STEWART B.A. (szerk.): Soil Classification: A Global Desk Reference, [CRC Press], 263 p.
- DOBOS E., (2006): The future of soil science: a vision from Europe. In: The Future of Soil Science. (Ed.: HARTEMINK, A. E.) 34–37. IUSS. Wageningen.
- DOBOS E., CARRÉ F., HENGL T., REUTER H.I., TÓTH G. (Szerk.) (2006): Digital Soil Mapping as a support to production of functional maps. EUR 22123 EN, 68 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg.
- DOBOS E. (2013): Domborzat, talajképző közet. Vitaanyag a Magyar Talajtani társaság 2013. június 20-i ülésére. www.talaj.hu/magyar/szakosztalyok/Talajgenetika
- DOKUCSAJEV V. V. (1883): The Russian chernoziom (In Russian). St. Petersburg, Russia.
- DRIESSEN P. M. (szerk.) (1995): Adequacy of soil data. Lecture notes, with exercises in common sense, Wageningen University, Department of Soil Science and Geology, Wageningen. ITC, Enschede, pp. 66.
- EBERHARDT E., WALTNER I. (2010): Finding a way through the maze – WRB classification with descriptive data. [5–8. p.] In: GILKES, J. R. & PRAKONGKEP, N (szerk.): Soil Solutions for a Changing World: Proc. 19th World Congress of Soil Science, 1–6 August 2010, Brisbane, Australia 5–8. International Union of Soil Sciences. Brisbane.
- EKLUND A. (2011): Color-based plots for multivariate visualization (squash) package for R version 1.0.1

- ESFANDIARPOUR I., SALEHI M. H., KARIMI, A. R., KAMALI A. (2013): Correlation between Soil Taxonomy and World Reference Base for Soil Resources in Classifying Calcareous Soils: (A Case Study of Arid and Semi-arid Regions of Iran), *Geoderma* 197-198:126-136.
- e-SOTER (2008a): e-SOTER projekt honlap. <http://www.esoter.net/?q=category/homepage/welcome> (2013.11.02)
- e-SOTER (2008b): Description of Work (DOW), Proposal No. 211578, 19-Jul-2008. http://www.esoter.net/sites/default/files/files/DoW_e-SOTER_19jul.pdf
- ESWARAN H. (1999): Time zero of modern soil classification. *Soil Survey Horizons*. 40. (3) 104–105.
- ESWARAN H., (2006): Future of soil science. In: *The Future of Soil Science*. (Ed.: HARTEMINK, A. E.) 40–42. IUSS. Wageningen.
- EURÓPAI TANÁCS (2007): Az Európai Parlament és a Tanács 2007/2/EK irányelve (2007. március 14.) az Európai Közösségen belüli térinformációs infrastruktúra (INSPIRE) kialakításáról. Az Európai Unió Hivatalos Lapja, L108/1
- FARKAS CS., HERNÁDI H., MAKÓ A., MARTH P., TÓTH B.(szerk.) (2009): A Magyarországi Részletes Talajfizikai és Hidrológiai Adatbázis bemutatása, Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Központ Növény- és Talajvédelmi Igazgatósága
- FAO-UNESCO (1974): Soil map of the world, 1:5 000 000. Vol. 1 Legend, United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization, Paris.
- FAO (1988): FAO-UNESCO soil map of the world, revised legend, with corrections and updates. *World Soil Resources Report 60*, FAO, Rome; reprinted with updates as Technical Paper 20 by ISRIC, Wageningen, 1997.
- FAO (2006): Guidelines for soil description. 4th edition. FAO, Rome.
- FAO/ISRIC/ISSS (1998): World Reference Base for Soil Resources. *World Soil Resources Report No. 84*. FAO. Rome.
- FEIDEN K. ÉS MUNKACSOPIRT VEZETŐK (2012): ECP-2008-GEO-318004 GS Soil, „Assessment and strategic development if INSPIRE compliant geodata services for European soil data” Final report, 03. June 2012 (http://www.gssoil-portal.eu/Best_Practice/GS_SOIL_D1.5.3_3_annual_public_report.pdf)
- FEHÉR O., FÜLEKY GY., MADARÁSZ B., KERTÉSZ Á. (2006): Hét vulkáni kőzetten kialakult talajszelvény morfológiai és diagnosztikai jellemzői a hazai genetikai talajosztályozás és a WRB (World Reference Base for Soil Resources, 1998) szerint. *Agrokémia és talajtan*, 55(2), 347-366. p.
- FLOREA, N., és MUNTEANU I. (2000): Sistemul Roman de Taxonomie a Solurilor (Romanian System of Soil Taxonomy), University Al. I. Cuza, Iasi, 107pp
- FORBES T., ROSSITER D., VAN WAMBEKE A. (1982): Guidelines for evaluating the adequacy of soil resource inventories, SMSS Technical Monograph No. 4. Cornell University, Department of Agronomy, Ithaca, NY.
- FUCHS M., SIMON B., MICHÉLI E. (2005): Soil Organic Matter as a Criteria in Soil Classification Systems. *CEREAL RESEARCH COMMUNICATIONS* pp. 365-368.
- FUCHS M., MICHÉLI E., WALTNER I. (2006a): Javaslat új talajtípusra a magyar talajosztályozásban. In: Kertész Á., Dövényi Z., Kocsis K. (szerk.)

- FUCHS M., MICHÉLI E., SZEGI T., HEGYMEGI P. (2006b): Transport process within Vertisol pedons. *CEREAL RESEARCH COMMUNICATIONS* 34: pp179-182.
- FUCHS M., HEGYMEGI P., WALTNER I., MICHÉLI E. (2006c): Javaslatok a hidromorf talajok osztályozásának módosítására. In: Bidló A., Varga B. (szerk.). Talajtani vándorgyűlés
- FUCHS M., SZŐCS A., LÁSZLÓ P., LÁNG V., MICHÉLI E. (2008a): A Bodrogi vízhatás alatt álló talajainak osztályozási problémái. *TALAJVÉDELEM: (Különszám)* pp. 595-600.
- FUCHS M., KOVÁCS G., BIDLÓ A., MICHÉLI E. (2008b): Correlation problems with WRB of some soils of the Sopron-Neusiedler See region, Blum W. E. H., Vodrazka M- (szerk.), *EUROSOIL 2008: Soil Society and Environment*
- FUCHS M., MICHÉLI E. (2010): A duzzadó agyagtalajok előfordulásának dokumentálása és osztályozásuk problémái Magyarországon. *Agrokémia és talajtan* 59:(2) pp. 217-232.
- FUCHS M., WALTNER I., SZEGI T., LÁNG V., MICHÉLI E. (2011): A hazai talajtípusok taxonómiai távolsága a képződésüket meghatározó folyamattársulások alapján. *Agrokémia és talajtan* 60:(1) pp. 33-44.
- GÉCZY G. (1959): A gyakorlati talajtérképezés. Új rendszerű talajismereti és hasznosítási térkép ismertetése és gyakorlati használhatósága. Doktori Értekezés. Gödöllői Agrártudományi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar. Gödöllő.
- GÉCZY G. (1960): Újabb mezőgazdasági talajhasznosítási osztályozási rendszer. *Agrokémia és Talajtan*. 9. 405–418.
- GÉCZY G. (1968): Magyarország mezőgazdasági területe. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- GERASIMOVA M. I. (2010): Chinese soil taxonomy: Between the American and the international classification systems, *Eurasian Soil Science*, Volume 43, Issue 8, pp 945-949
- GERASIMOVA M. I., KHITROV N. B. (2012): Comparison of the results of soil profiles' diagnostics performed in three classification systems, *Eurasian Soil Science*. Volume 45, Issue 12, pp 1087-1094
- GLOBALSOILMAP.NET (2011): Specifications GlobalSoilMap.net products Version 2.1, Report 1. July, 2011 (http://www.globalsoilmap.net/system/files/GlobalSoilMap_net_specifications_v2_0_edited_draft_Sept_2011_RAM_V12.pdf)
- HARTIGAN J. A., WONG M. A. (1979): A K-means clustering algorithm. *Applied Statistics* 28, 100–108.
- HEGYMEGI P., FUCHS M., MICHÉLI E., SZEGI T. (2004): Characterization and Classification Problems of Soil with High Clay and/or Organic Matter Content. In: ASA-CSSA-SSSA Annual Meeting 2004. pp. 129.
- HENGL T., HUSNJAK S. (2006): Assessing adequacy and usability of soil resource inventories: The National soil inventory in Croatia. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, 70: 920-929.
- HEMPEL J., MICHÉLI E., OWENS P., MCBRATNEY A. (2013): Universal Soil Classification System Report from the International Union of Soil Sciences Working Group. *Soil horizons* 54. Issue 2.
- HIEDERER R. (2010): Data Update and Model Revision for Soil Profile Analytical Database of Europe of Measured Parameters (SPADE/M2). EUR 24333 EN. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. 55pp.

- HIEDERER R., DURRANT T. (2010): Evaluation of BioSoil Demonstration Project Preliminary Data Analysis. EUR 24258 EN. Office for Official Publications of the European Communities Luxembourg. 126 pp
- http1: worldsoilprofiles.org, ISRIC, Netherlands
- http2: <http://ncsslabdatamart.sc.egov.usda.gov/>
- http3: [http://en.wikipedia.org/wiki/Python_\(programming_language\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Python_(programming_language))
- HOLE F. D., HIRONAKA M. (1960): An experiment in ordination of some soil profiles. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **24**. 309–312.
- INRA. (2009): Quality check algorithms for the BioSoil database. Kiadatlan munkadokumentum
- IUSS WORKING GROUP WRB (2006): World Reference Base for Soil Resources 2006. World Soil Resources Reports, No. 103. FAO. Rome.
- IUSS WORKING GROUP WRB (2007): World Reference Base for Soil Resources 2006, first update 2007. World Soil Resources Reports, No. 103. FAO. Rome.
- IUSS WORKING GROUP WRB (2010): Guidelines for constructing smallscale map legends using the World Reference Base for Soil Resources. Addendum to the World Reference Base for Soil Resources. FAO, Rome. http://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/images/resources/pdf_documents/WRB_Legend.pdf
- JASSÓ F. (szerk.) (1989): Útmutató a nagyméretarányú országos talajtérképezés végrehajtásához. Melioráció-öntözés és talajvédelem. '88 melléklet. Agroinform.
- JONES A., MONTANARELLA L., JONES R. (szerk.) (2005): Soil Atlas of Europe. European Commission, Directorate General Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Soil and Waste Unit, Ispra, Varese, Italy, 128 pp.
- JRC ESDAC (2013): Joint Research Center ESDAC-European Soil Data Centre honlap, About ESDAC (http://esdac.jrc.ec.europa.eu/esdac_about.jsp) 2013.11.02.
- KARKLINS A. (2007): Guidelines for soil diagnosis and description Field Book, LLU, 120ppesfand
- KING D., DAROUSSIN J., TAVERNIER R. (1994): Development of a soil geographic database from the Soil Map of the European Communities. *CATENA*, 21(1), 37-56. p.
- KRASILNIKOV P., ARNOLD R. (2009): Soil Classifications and their correlations. In: Krasilnikov, P., Ibañez Marti, J. J., Arnold, R., Shoba S. (szerk.), Soil Terminology, Correlation and Classification. Earthscan, London, UK, 440 pp. ISBN 9781844076833
- KRASILNIKOV P., ARNOLD R., MICHÉLI E. (2009): Soil Classification of Hungary. 170-175. p. In: KRASILNIKOV P., IBÁÑEZ MARTÍ J.-J., ARNOLD R., SHOBA S. (Szerk.): A Handbook of Soil Terminology, Correlation and Classification. [London, Sterling, VA: Earthscan] 440 p.
- KREYBIG L. (1937): A M. Kir. Földtani Intézet talajfelvételi, vizsgálati és térképezési módszere. In: M. Kir. Földtani Intézet Évkönyve. 31. 147–244. p.
- KROL B., ROSSITER D.G., SIDERIUS W. (2007): Ontology-based multi-source data integration for digital soil mapping. In: P. Lagacherie, A.B. McBratney, M. Voltz (Eds.), Digital Soil Mapping: An Introductory Perspective. Developments in Soil Science, Vol. 31. Elsevier, Amsterdam, 119–133.
- LANCE G. N., WILLIAMS W.T. (1967): Note on the classification of multi-level data. *Comp. J.*, 9:381-382.

- LANGOHR R. (2002): Facing basic problems in the discipline of soil classification. Conclusions based on 35 years practice and teaching. In: Soil Classification 2001. (szerk.: MICHELI, E. és mtsai.) 15–25. European Soil Bureau Research Report No. 7. (EUR 20398 EN.) Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- LEBEDEVA I. I., GERASIMOVA M. I. (2012): Chinese soil taxonomy: Between the American and the international classification systems, *Eurasian Soil Science*, Volume 45, Issue 9, pp 823-833
- LEENAARS J.G.B. (2013): Africa Soil Profiles Database, Version 1.1. A compilation of geo-referenced and standardized legacy soil profile data for Sub Saharan Africa (with dataset). ISRIC report 2013/03. Africa Soil Information Service (AfSIS) project. ISRIC – World Soil Information, Wageningen, the Netherlands.
- MACQUEEN J. B. (1967): Some Methods for classification and Analysis of Multivariate Observations. Proceedings of 5th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability 1. University of California Press. pp.281–297. MR 0214227. Zbl 0214.46201. Retrieved 2009-04-07.
- MADARÁSZ B., NÉMETH T., JAKAB G., SZALAI Z. (2013): The erubáz volcanic soil of Hungary: mineralogy and classification. *CATENA* 107: pp. 46-56.
- MAKÓ A., TÓTH B., HERNÁDI H., FARKAS CS., MARTH P. (2010): Introduction of the Hungarian Detailed Soil Hydrophysical Database (MARTHA) and its use to test external pedotransfer functions, *Agrokémia és Talajtan* 59: (1) pp. 29-38.
- MCBRATNEY A. B., ODEH I. O. A., BISHOP T. F. A., DUNBAR M. S., SHATAR T. M. (2000a): An overview of pedometric techniques for use in soil survey. *Geoderma*. **97**. 293–327.
- MCFERRIN L. (2013): Statistical Analysis Tools for High Dimension Molecular Data (HDMD) package for R version 1.2
- MICHÉLI E. (2002a): Changing Concepts and Principles in Soil Classification. In: Gyuricza Cs. (szerk.). Proceedings of the Alps-Adria Scientific Workshop. 4-8th of March 2002. Opatija
- MICHÉLI E. (2002b): A nemzetközi talajosztályozási referencia rendszer és hazai talajosztályozási rendszerünk korszerűsítése. In: Földminősítési Fórum Országos Konf. pp. 18-19.
- MICHÉLI E. (2002c): Hazánk talajosztályozási rendszerének korszerűsítése. In: Kátai J., Jávor A. (szerk.). Talaj és környezet: Filep György 70. születésnapja tiszteletére rendezett tudományos ülés előadásai pp. 56-62.
- MICHÉLI E. (2005): A talajosztályozás fejlődése és helyzete a XXI. században. In: Stefanovits P., Michéli E. (szerk.). A talajok jelentősége a XXI. században pp. 309-331.
- MICHÉLI E., FUCHS M., SZEGI T., SZABÓNÉ KELE G., VAJDULÁK M. (2005): A nagy agyagtartalmú talajok osztályozási problémái. *TALAJVÉDELEM* Különszám: pp. 278-281.
- MICHÉLI E., FUCHS M., HEGYMEGI P., STEFANOVITS P. (2006): Classification of the Major Soils of Hungary and their Correlation with the World Reference Base for Soil Resources (WRB). *Agrokémia és Talajtan* 55 (1) 19-28. p.
- MICHÉLI E., SZABARI SZ., LÁNG V., WALTNER I., DOBOS E. (2009): Applying diagnostic categories of the World Reference Base for Soil Resources (WRB) for identifying and delineating risk areas of salinization and sodification. *CEREAL RESEARCH COMMUNICATIONS* 37:(3) pp. 399-402.

- MICHÉLI E. (2011): A talajképző folyamatok megjelenése a diagnosztikai szemléletű talajosztályozásban, *Agrokémia és Talajtan*, 60, 1. 17-32.
- MICHÉLI E., LÁNG V., FUCHS M., WALTNER I., SZEGI T., DOBOS E., SERES A., VADNAI P., VAN ENGELEN V., DIJKSHOORN K., DAROUSSIN J., EBERHARDT E., SCHULER U., ZADOROVA T., KOZAK J., HANNAM J., HALLETT S., ZHANG G., YUGUO Z., BALAGHI R., MOUSSADEK R. (2011): Deliverable D5 – A soil data base for the 1:1 million scale windows. WP1 and WP2 report of the „e-SOTER – Regional pilot platform as
- MICHÉLI E., FUCHS M., LÁNG V., SZABÓNÉ KELE G. (2013a): Alapelvek, osztályozó kulcs. Vitaanyag a Magyar Talajtani társaság 2013. június 20-i ülésére. www.talaj.hu/magyar/szakosztalyok/Talajgenetika
- MICHÉLI E., FUCHS M., LÁNG V., SZABÓNÉ KELE G. (2013b): A javasolt típusok és a kapcsolódó altípus és változati tulajdonságok ismertetése. Vitaanyag a Magyar Talajtani társaság 2013. június 20-i ülésére. www.talaj.hu/magyar/szakosztalyok/Talajgenetika
- MICHÉLI E., FUCHS M., LÁNG V., SZABÓNÉ KELE G. (2013c): Az altípus és változati tulajdonságok javasolt definíciói. Vitaanyag a Magyar Talajtani társaság 2013. június 20-i ülésére. www.talaj.hu/magyar/szakosztalyok/Talajgenetika
- MICHÉLI, E., FUCHS, M. (2013): Genetikai szintek, rétegek. Vitaanyag a Magyar Talajtani társaság 2013. június 20-i ülésére. www.talaj.hu/magyar/szakosztalyok/Talajgenetika
- MINASNY B., MCBRATNEY A. B. (2007): Incorporating taxonomic distance into spatial prediction and digital mapping of soil classes. *Geoderma* **142**. 285–293.
- MINASNY B., MCBRATNEY A., HARTEMINK A.E. (2010): Global pedodiversity, taxonomic distance, and the World Reference Base. *Geoderma*, 155(3-4), 132-139. p.
- MOORE A. W., RUSSELL J. S. (1967): Comparison of coefficients and grouping procedures in numerical analysis of trace element data. *Geoderma* **1**, 139–158.
- MORAND D. T. (2013): The World Reference Base for Soils (WRB) and Soil Taxonomy: an appraisal of their application to the soils of the Northern Rivers of New South Wales. *Soil Research* 51(3) 167-181 <http://dx.doi.org/10.1071/SR12144>
- NACHTERGAELE F.O., SPAARGAREN O., DECKERS J.A., AHRENS B. (2000): New developments in soil classification World Reference Base for Soil Resources. *Geoderma*, (96) 345-357.p.
- NACHTERGAELE F., VAN RANST E. (2002): Qualitative and Quantitative Aspects of Soil Databases in Tropical Countries. In: Evolution of Tropical Soil Science: Past and Future.
- NÉBIH (Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal) (2012): NÉBIH hivatalos honlap a TIM-ről: http://elelmiszerlanc.kormany.hu/?_preview=7edbbed8-f3cc-4169-5228-00007c7613c7
- NEMECEK J., MACKU J., VOKUN J., VAVRIE D., NOVAK P.(2001): Taxonomický klasifikační systém pro Českou republiku, CZU, Prague, 180pp
- NÉMETH T., SZABÓ J., PÁSZTOR L., BAKACSI ZS. (1998): Nagyléptékű talajtani térinformatikai rendszerek alkalmazása a természetesi, tápanyagutánpótlási és környezetgazdálkodási tervek készítésében. XL. Georgikon Napok, Keszthely, II. kötet 227-231. p.
- PANAGOS P. (2006): The European soil database, *GEO: connexion* 5 (7) , pp. 32-33

- PANAGOS P., JONES A., BOSCO C., SENTHIL KUMAR P.S. (2011): European digital archive on soil maps (EuDASM): Preserving important soil data for public free access *International Journal of Digital Earth*, 4 (5), pp. 434-443.
- PANAGOS P., VAN LIEDEKERKE M., JONES A., MONTANARELLA L. (2012): European Soil Data Centre: Response to European policy support and public data requirements. *Land Use Policy*, 29 (2), pp. 329 -338, doi:10.1016/j. landusepol.2 011.07.003, ISSN: 02648377.
- PARR J.F., PAPENDICK R.I., HORNICK S.B., MEYER R.E. (1992): Soil quality: Attributes and relationship to alternative and sustainable agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture*, 7, pp 5-11. doi:10.1017/S0889189300004367.
- PÁSZTOR L., SZABÓ J., BAKACSI ZS. (2006): Válasz Tóth Gergely és Máté Ferenc megjegyzéseire „Egy országos, átnézetes, térbeli talajinformációs rendszer kiépítésének igénye, lehetősége és lépései” közleményünk kapcsán. *Agrokémia és Talajtan* 55 (2) 479-486. p.
- PÁSZTOR L., BAKACSI ZS., SZABÓ J. (2008): Válasz Sisák István és Bámer Balázs megjegyzéseire „Egy országos, átnézetes, térbeli talajinformációs rendszer kiépítésének igénye, lehetősége és lépései” közleményünk kapcsán. *Agrokémia és Talajtan* 57 (2) 355-358. p.
- PÁSZTOR L., SZABÓ J., BAKACSI ZS. (2010): Digital processing and upgrading of legacy data collected during the 1:25.000 scale Kreybig soil survey. *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica*. 45. 127–136.
- PÁSZTOR L, SZABÓ J, BAKACSI ZS, MATUS J, LABORCZI A. (2012): Compilation of 1:50,000 scale digital soil maps for Hungary based on the digital Kreybig soil information system. *Journal of Maps* 2012; 8(3):215-219.
- PEARSON K. (1901): On Lines and Planes of Closest Fit to Systems of Points in Space (PDF). *Philosophical Magazine* 2 (11): 559–572.
- POURABDOLLAH A., LEIBOVICI D.G., SIMMS D.M., TEMPEL P., HALLETT S.H. (2012): Towards a standard for soil and terrain data exchange: SoTerML. *Computers & Geosciences*, 45, 270-283. p.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2009): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- ROSSITER D.G. (2004): Digital soil resource inventories: status and prospects. *Soil Use and Management* 20(3), 296-301. p.
- ROUSSEUW P. J. (1987): Silhouettes: a Graphical Aid to the Interpretation and Validation of Cluster Analysis. *Computational and Applied Mathematics* 20: 53–65. doi:10.1016/0377-0427 (87) 90125-7.
- SARKAR P. K., BIDWELL O. W., MARCUS L. F. (1966): Selection of characteristics for numerical classification of soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **30**. 269–272.
- SCHMIDLEY R.W. (1997): Quality control in mapping: some fundamental concepts. *Surveying and Land Information Systems* 57, 31–36.
- SCHOENBERGER, P.J., D.A. WYSOCKI, E.G. BENHAM, AND W.D. BRODERSON (ED.). (2002): Field book for describing and sampling soils. Version 2.0. U.S.D.A. -Natural Resources Conservation Service
- SHI X.Z., YU D.S., XU S.X., WARNER E.D., WANG H.J, SUN W.X., ZHAO Y.C., GONG Z.T. (2010): Cross-reference for relating Genetic Soil Classification of China with WRB at different scales. *Geoderma*, (155) 344-350.p.

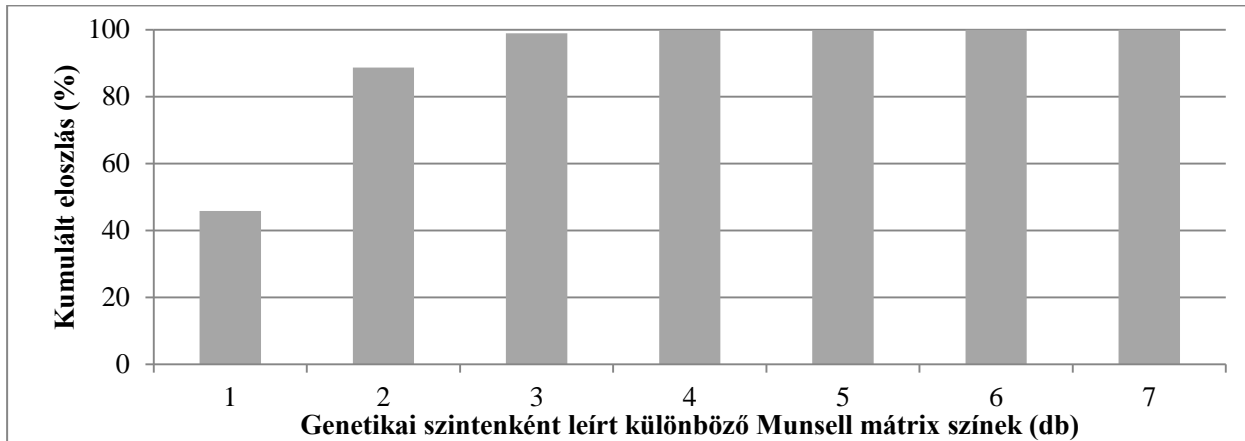
- SHISHOV L. L., TONKONOGOV V.D., GERASIMOVA M.I., LEBEDEVA I.I. (2005): New classification system of Russian soils, *Eurasian Soil Science*, vol 38, suppl 1, pp 6-12.
- SISÁK I., BÁMER B. (2008a): Hozzászólás Szabó József, Pásztor László és Bakacsi Zsófia „Egy országos, átnézetes, térbeli talajinformációs rendszer kiépítésének igénye, lehetőségei és lépései” című cikkéhez. *Agrokémia és Talajtan*. 57. 347–354 p.
- SISÁK I., BÁMER B. (2008b): A Géczy Gábor vezetésével készült talajismereti és talajhasználati térképek digitális adatbázisa a Balaton vízgyűjtőjén. *Talajvédelem*. Különszám. 645–652. p.
- SISÁK I., MÁTÉ F. (2008): A magyar talajosztályozás továbbfejlesztésének szükségszerűsége – „A balatoni táj talajai” talajmonolit sorozat tapasztalatai. Talajtani Vándorgyűlés. Nyíregyháza, 2008. május 28–29.
- SLADKOVA J. (2010): Conversion of some soil types, subtypes, and varieties between the Taxonomic Classification System of Soils of the Czech Republic and the World Reference Base for Soil Resource. *Soil & Water Res.*, 5: 172-185
- SMITH G. D. (1986): The Guy Smith Interviews: Rationale for Concepts in Soil Taxonomy. Soil Management Support Services, Technical Monograph No. 11. (szerk.: FORBES, T. R.) Washington, D. C.
- SOBOCKÁ J. (2000): Morfogenetický klasifikačný systém pod Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia, Vyskumny ustav podoznalectva a ochrany pody, Bratislava, 74pp
- SOIL SURVEY STAFF (1999): Soil Taxonomy – A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. 2nd edition. Agriculture Handbook No. 436. USDA-NRCS, p. 869.
- SPAARGAREN O. (2008): World Reference Base For Soil Resources – Its Principles Of classification And Potential For Correlation. *Ґрунтознавство*. Т. 9, № 3–4. 50-55. pp.
- STEFANOVITS P. (1956): Magyarország talajai. 1. kiadás. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- STEFANOVITS P., SZŰCS L. (1961): Magyarország genetikus talajtérképe, OMMI, Budapest
- STEFANOVITS P. (1963): Magyarország talajai. 2. bővített, átdolgozott kiadás. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- STEFANOVITS P. (1981): Talajtan. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest
- SZABARI SZ., FUCHS M., LÁNG V., MICHÉLI E. (2010): A szikes talajok hazai és nemzetközi osztályozásának áttekintése. In: Farsang A., Ladányi Zs., Puskás I. (szerk.). Talajaink a változó természeti és társadalmi hatások között. Talajtani vándorgyűlés 2010; Absztrakt kötet és program.
- SZABÓ J., PÁSZTOR L., BAKACSI ZS., ZÁGONI B., CSÖKLI G. (2000): Kreybig Digitális Talajinformatikai Rendszer (Előzmények, térinformatikai megalapozás). *Agrokémia és Talajtan* 49 (1-2) 265-276. p.
- SZABÓ J., PÁSZTOR L., BAKACSI ZS. (2005): Egy országos, átnézetes, térbeli talajinformációs rendszer kiépítésének igénye, lehetősége és lépései. *Agrokémia és Talajtan* 54 (1-2) 41-58. p.
- SZABÓ J., PÁSZTOR L., BAKACSI ZS. (2011): Demand, feasibility and construction stages of a national spatial soil information system. *Agrokémia és Talajtan*. 60. Suppl. 149–160.
- SZABOLCS I. (szerk.) (1966): A genetikus üzemi talajtérképezés módszerkönyve. OMMI. Budapest.

- SZABÓNÉ KELE G., (1999): A termőhelyi értékszám meghatározásának helyzete és a talajtérképes módszer országos befejezésének feltételei. In: Stefanovits -Micheli: A talajminőségre épített EU-konform földértékelés elvi alapjai és bevezetésének gyakorlati lehetőségei. MTA Agrártudományok Osztálya, Budapest. p.81-99.
- SZABÓNÉ KELE G., FUCHS M., HEGYMEGI P., MICHÉLI E.(2006): Javaslatok a csernozjom talajok osztályozásának módosítására. In: Bidló A., Varga B. (szerk.). Talajtani vándorgyűlés
- SZABÓNÉ KELE, G. (2013a): Javaslat helyszíni talajfelvételezés általános módszertanára. Vitaanyag a Magyar Talajtani társaság 2013. június 20-i ülésére. www.talaj.hu/magyar/szakosztalyok/Talajgenetika
- SZABÓNÉ KELE, G. (2013b): Helyszíni talajvizsgáló jegyzőkönyv. Vitaanyag a Magyar Talajtani társaság 2013. június 20-i ülésére. www.talaj.hu/magyar/szakosztalyok/Talajgenetika
- TILMAN D., FARGIONE J., WOLFF B., D'ANTONIO C., DOBSON A., HOWARTH R., SCHINDLER D., SCHLESINGER W.H., SIMBERLOFF D. AND SWACKHAMER D. (2001): Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science* 292: 281-284.
- TIM (TALAJVÉDELMI INFORMÁCIÓS ÉS MONITORING RENDSZER) (1995): Módszertan. Földművelésügyi Minisztérium Növényvédelmi és Agrár-környezetgazdálkodási Főosztály, Budapest.
- TÓTH G., MÁTÉ F.(2006): Megjegyzések egy országos, átnézetes, térbeli talajinformációs rendszer kiépítéséhez. *Agrokémia és Talajtan*. 55. 473–478.
- TÓTH G., HERMANN T., MÁTÉ F. (2008): Notes on the information stored in the lower levels of the Hungarian soil taxonomy. *Journal of Central European Agriculture*. 9. No 3. p. 589-598.
- TÓTH T., BALOG K. (2013): Javaslatok és kérdések a „A megújított hazai talajosztályozási rendszer eredményeinek ismertetése és megvitatása” című vitanapjának vitaanyagaival kapcsolatosan. Észrevételek A Magyar Talajtani társaság 2013. június 20-i ülésén bemutatott vitaanyaghoz. www.talaj.hu/magyar/szakosztalyok/Talajgenetika
- VÁRALLYAY GY., SZŰCS L., MURÁNYI A., RAJKAI K., ZILAHY P. (1979): Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó talajtani tényezők 1:100 000 méretarányú térképe. I. *Agrokémia és talajtan* 28. 363–384.
- VÁRALLYAY GY., SZŰCS L., MURÁNYI A., RAJKAI K., ZILAHY P. (1980): Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó talajtani tényezők 1:100 000 méretarányú térképe. II. *Agrokémia és talajtan* 29. 35–76.
- VÁRALLYAY GY. (1989): Soil mapping in Hungary. *Agrokémia és Talajtan* 38 (3-4) 695-714. p.
- VÁRALLYAY GY., SZABÓNÉ KELE G., MARTH P., KARALIK A., THURI I. (2009): Magyarország taljainak állapota. A talajvédelmi információs és monitoring rendszer (TIM) adatai alapján. Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium, Budapest. 91 p.
- VÁRALLYAY GY. (2012): Talajtérképezés, talajtani adatbázisok. *Agrokémia és Talajtan* 61 249-268. p.
- WALTNER I., FUCHS M., MICHÉLI E., LÁNG V., (2012): Hazai archív talajadatok beillesztésének lehetőségei nemzetközi adatbázisokba. *Agrokémia és Talajtan*, 61, 2. 263-76.

ZADOROVA T., PENIZEK V. (2011): Problems in correlation of Czech national soil classification and World Reference Base 2006. *Geoderma* vol. 167-168 November, p. 54-60

M2. NASIS adatbázis vizsgálati eredmények

A NASIS adatbázis vizsgálata során létrehozott ábrák a talajszelvényenként illetve talajszintenként megjelenő különböző morfológiai tulajdonságok mennyiségére vonatkoznak. Megvizsgáltam, hogy az összes szelvény, vagy szint függvényében a populáció mekkora arányában kerültek leírásra különböző számú paraméterek. A morfológiai bélyegek különbözősége a paraméter függvényében lehet, színben, méretben, fejlettség fokában stb.



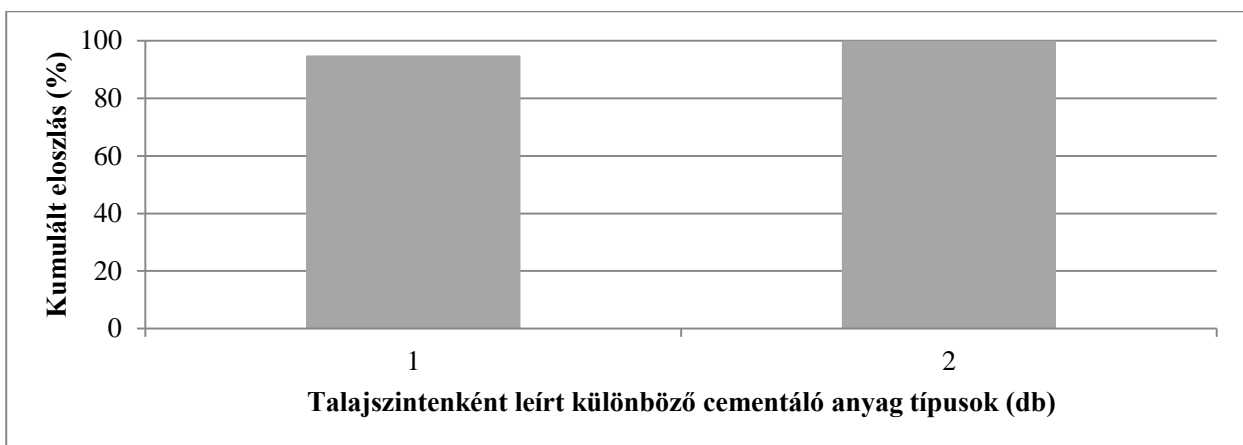
1. ábra. 5172 db talajszint alapján vizsgált genetikai szintenként leírt különböző Munsell mátrix színek (db) kumulált eloszlása



2. ábra. 988 db talajszelvény alapján vizsgált szelvényenként leírt különböző gyökerezést gátló rétegek (db) kumulált eloszlása



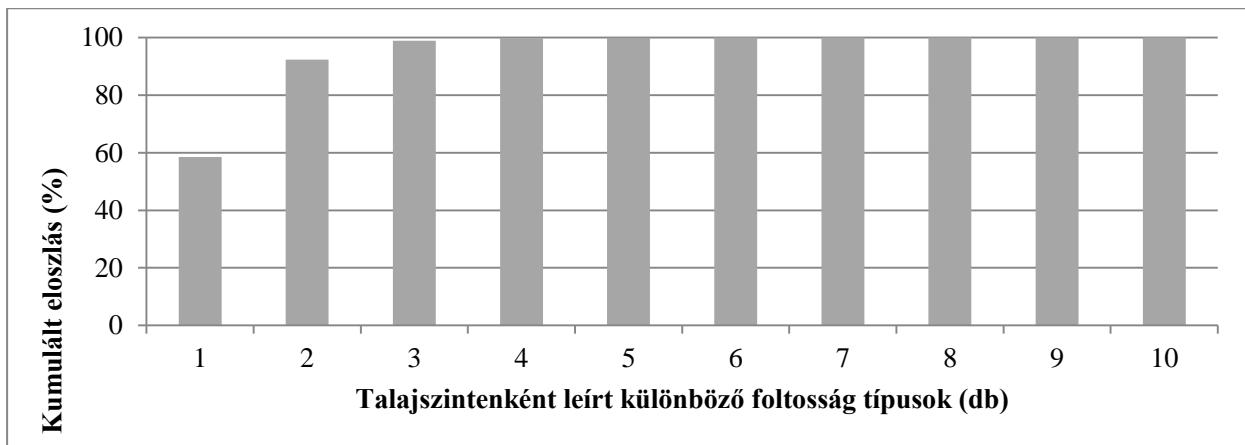
3. ábra. 3629 db talajszelvény alapján vizsgált szelvényenként leírt különböző felszíni durva vázrész típusok (db) kumulált eloszlása



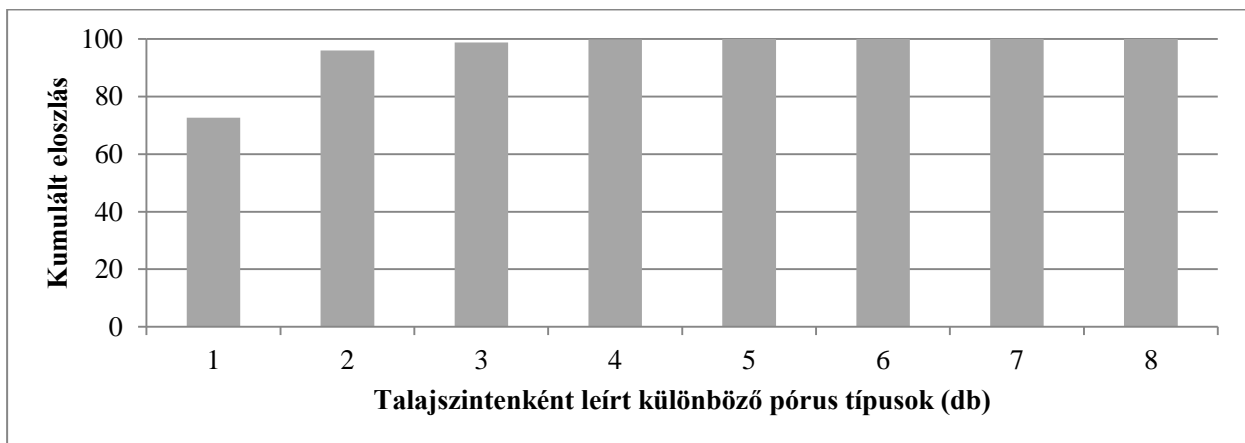
4. ábra. 579 db talajszint alapján vizsgált genetikai szintenként leírt különböző cementáló anyag típusok (db) kumulált eloszlása



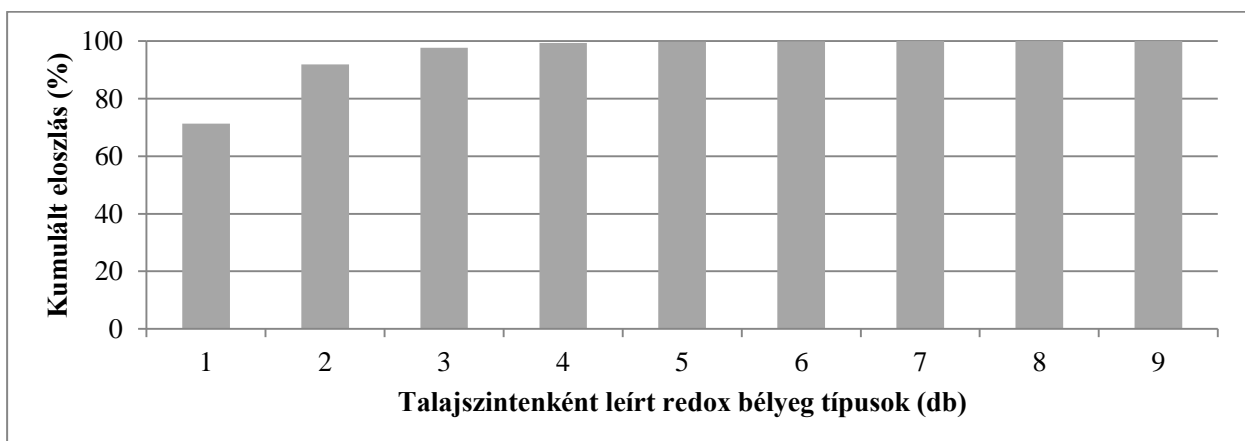
5. ábra. 45100 db talajszint alapján vizsgált genetikai szintenként leírt különböző durva vázrész típusok (db) kumulált eloszlása



6. ábra. 29591 db talajszint alapján vizsgált genetikai szintenként leírt különböző foltosság típusok (db) kumulált eloszlása



7. ábra. 63193 db talajszint alapján vizsgált genetikai szintenként leírt különböző pórus típusok (db) kumulált eloszlása



8. ábra. 21705 db talajszint alapján vizsgált genetikai szintenként leírt különböző redox bélyeg típusok (db) kumulált eloszlása



9. ábra. 104506 db talajszint alapján vizsgált genetikai szintenként leírt különböző gyökér típusok (db) kumulált eloszlása



10. ábra. 157286 db talajszint alapján vizsgált genetikai szintenként leírt különböző szerkezet típusok (db) kumulált eloszlása