

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM, TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR

MAIGUT VERA
MAGYAR ÁLLAMI FÖLDTANI INTÉZET

A földtani térképszerkesztés geoinformatikai problémáinak megoldási lehetőségei

doktori értekezés

Témavezető:
Dr. Török Zsolt, C.Sc., egyetemi docens

Földtudományi Doktori Iskola
Vezető: Dr. Gábris Gyula, D.Sc., egyetemi tanár

Térképészet Doktori Program
Vezető: Dr. Klinghammer István, CMHAS egyetemi tanár

ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék
Budapest, 2010

Tartalom

1. Bevezetés	4
2. Célok, feladatok	5
3. Történeti áttekintés	7
3.1. Az első országos földtani térképek	7
3.2. A katonai felmérésekhez kapcsolódó országos földtani térképek, térképművek.....	11
3.3. Országos földtani térképek a nemzetközi egységesítés után	16
3.4. Napjaink országos földtani térképművei.....	22
4. A földtani modellalkotás	25
4.1. Magyarország földtani térmodellje	25
4.2. Térképi modellalkotás.....	27
4.2.1. A földtani térkép – a földtan vizualizációja.....	29
4.2.2. A jelkulcs – a földtani térképek ábrázolási elvei, kötöttségei.....	31
4.2.3. A technológiai rend kialakítása.....	39
5. A földtani térkép geoinformatikai háttere	47
5.1. Adatmodellek	48
5.2. Adatbázis-rendszer	49
5.3. A kartográfiai adatbázis	51
5.4. Adatsűrűség.....	52
6. A térképi adatbázis-építés és a kartografálás automatizációja	54
6.1. Magyarország földtani térképe 1:100 000	54
6.1.1. A koncepció	54
6.1.2. Szerkesztési alapanyagok.....	57
6.2. Az automatizációs alkalmazás	58
6.3. Geoinformatikai feldolgozás.....	60
6.4. Kartografálás.....	62
6.4.1. A térképi adatbázis szelvény szerinti leválogatása és a grafikus indexek alkalmazása	65

6.4.2. Képződmények kartografálási jellemzőinek leválogatása a kartográfiai adatbázisból.....	67
6.4.3. Színykulcs rendelése a térképhez.....	68
6.4.4. Jelmagyarázat előkészítése	69
6.4.5. Változáskövetés	71
6.4.6. Tektonikai vonalak kartografálása.....	72
7. Földtani szelvények készítésének automatizációja	74
7.1. Földtani szelvények előkészítése	74
7.2. A szelvényadatok 3D-s konverziója	78
8. A térképi adatbázis sokoldalúsága	82
8.1. Végtermékek	82
8.2. Elemzési lehetőségek a térképi adatbázisban	84
Irodalomjegyzék.....	89
Térképjegyzék	92
Köszönetnyilvánítás	94
Összefoglalás.....	95
Summary.....	96

1. Bevezetés

Munkahelyem, a Magyar Állami Földtani Intézet Magyarország legrégebbi, ma is működő tudományos kutatóintézete. Alapfeladata az ország földtani feladatainak ellátása, vagyis az ország területének geológiai térképezése és a földtani adatok szolgáltatása, térképek, földtani adatbázisok és modellek készítése és fejlesztése. Az Intézet a hazai tematikus kartográfia egyik vezető műhelyeként a kezdetektől fogva magas színvonalú térképeket adott ki és korszerű módszereket alkalmazott. Az informatikai technológia fejlődését követve a geoinformatikai rendszerek hazai térhódításában tudományos területen vezető szerepet vállalt, és vállal ma is.

Nyolc éve dolgozom az Intézet munkatársaként. Térképészként részt veszek az Intézetben folyó projektek geoinformatikai és térképészeti munkálataiban, bizonyos projektek esetén ezen munkálatok koordinátoraként.

Tudományos térképi adatbázisok megjelenítése nem nélkülözheti a kartográfiai módszereket, és így a térképészek szaktudását sem. Földtani térképek szerkesztése a térképi tartalmat megfogalmazó geológusok és a tartalmat formába öntő térképészek szoros és összehangolt együttműködését kívánja meg. Munkám során arra törekszem, hogy feladataink megoldása során a geoinformatikai eszközök nyújtotta lehetőségeket a leghatékonyabban használjuk. Mindezt oly módon, hogy közben elődeink szellemiségét követve megőrizzük az Intézetben készült térképek kartográfiai minőségét.

Az értekezésben arra vállalkozom, hogy tapasztalataim alapján általánosan megfogalmazzam és bemutassam azokat a geoinformatikai és térképészeti módszereket és megoldásokat, amelyeket a földtani adatbázisok létrehozása és térképi megjelenítése során kialakítottam és alkalmaztam.

2. Célok, feladatok

Napi kutatói munkám két fő témakörre koncentrálok: a földtani térképek adatbázis háttérének kidolgozására és kezelésére, illetve a földtani adatok vizualizációjára, a térképek, szelvények kartografálására.

Az értekezésben kitűzött céljaim kutatói munkám alapján a következők voltak:

- a korábban keletkezett országos földtani térképek, térképművek megismerése,
- a teljes országot lefedő felszíni földtani egységek harmonizált geoinformatikai adatbázisának felépítése, az optimális technológiai rend kialakítása,
- az adatbázis-építés és adatharmonizálás automatizmusokkal, algoritmusokkal való támogatása,
- a kartografálás folyamatának elemzése,
- tetszőleges szelvényezés szerinti térképművek előállítás, kartografálása,
- földtani szelvények előkészítése fűrési adatbázis alapján, ezek kartografálása,
- a kartografálás támogatása geoinformatikai eszközökkel, automatizmusokkal,
- nyomtatott földtani szelvények transzformálása 3D-be egyedi algoritmusok segítségével.

A fenti célok elsősorban „Magyarország földtani térmodellje” két alkotójának munkálatai során fogalmazódtak meg. Ezek Magyarország 1:100 000-es földtani térképe, valamint a részben ehhez a térképhez kapcsolódó, az országot behálózó 150 földtani szelvény elkészítése voltak.

A földtani adatbázisok alapja a standard azonosítási rendszer, amely magába foglalja a térképi tartalom, vagyis a közzétett egységek, tektonikai viszonyok stb. azonosítását és a térképi objektumok geoinformatikai rendszerét. Földtani adatbázisok építésekor általában térben és időben eltérő információk állnak rendelkezésünkre, ezért rendkívül fontos feladat az adatok harmonizálása, egységesítése. A geoinformatikai feldolgozás és a kartografálás munkafolyamatainak elemzése után, szükséges ezen folyamatok optimalizálása is. A technológiai rendszer kialakításánál törekedtem a folyamatok általános érvényű,

eszközfüggetlen megfogalmazására. A munkánkhoz felhasznált GIS-rendszer természetesen kényszerűségeket is hordoz magában, de ezek nem az általános folyamatok, hanem a megvalósítás konkrét gyakorlati lépéseinek szintjén hatnak. A szoftverek eszközt jelentenek a munkánkhoz, ezek észszerű felhasználása és a technológia, a munkafolyamat kialakítása a felhasználó dolga.

A térképkészítés fázisában a lehető legnagyobb automatizációra törekedtem. A kartografálás bizonyos szakaszai nagymértékben automatizálhatók. Különösen igaz ez térképművek esetében, amikor az adott területet több szelvény mutatja be, hiszen a szelvények kartográfiai jellemzői azonosak és formai kivitelezésük is ugyanazon rendszer alapján történik. A térképészeti és geoinformatikai munkafolyamatok közül tehát ki kellett jelölni az automatizálható lépéseket és megszervezni ezek automatizációját. Kutatói munkám során több algoritmust alakítottam ki a fenti folyamatokra. Az algoritmusokat Visual Basic környezetben valósítottam meg. Ezek a kartografálás, de a geoinformatikai feldolgozás folyamatainak nagy részében is hatékony megoldást biztosítanak.

3. Történeti áttekintés

A tematikus térkép célja a legkülönbözőbb térbeli eloszlások szemléltetése. A tematikus kartográfia létrejöttében ezért jelentős szerepet játszottak a természettudományok, elsősorban a térvonatkozású információkkal foglalkozó földtudományok – pl. geológia, meteorológia –, valamint a statisztikai módszerek XIX. század eleji gyors fejlődése (KLINGHAMMER et al. 1995). Az ország ásványkincsei, bányavidékeinek területi elhelyezkedése mindig is stratégiai jelentőséggel bírtak. A XIX. század derekán felvirágzott földtan az ország gazdasági fejlődését segítő, közvetlen gyakorlati eredményeket is nyújtó tudományággá vált (PAPP-VÁRY – HRENKÓ 1989). A földtani kutatások eredményeit ábrázoló földtani térképek a tudományos értékű tematikus térképek első csoportjait jelentették. Az azóta eltelt több mint kétszáz évben hazánkban is számos és sokféle földtani térkép látott napvilágot. Ezek egészéről részletes történeti áttekintést adni nem célja az értekezésnek, csak a témához kapcsolódó, az egész országot érintő, hazai felszíni földtani térképeket és térképműveket kívánom bemutatni.

3.1. Az első országos földtani térképek

- *Magyarország földtani térképe, ~1:1 000 000. The Geological Map of Hungary, on new map of Hungary, particularly of its rivers & natural productions* (TOWNSON 1797).

A térkép Robert Townson, angol világutazó 1793-ban hazánkban tett látogatásáról írt, „Utazások Magyarországon 1793-ban Bécsről szóló rövid beszámolóval” című könyvének mellékleteként jelent meg. Townson átvette Korabinszky János 1791-es „Magyarország természeti tulajdonságainak tüköre” című, ásványkincseket is feltüntető térképét, azt kismértékben módosította, majd bejelölte rajta azokat a felszíni földtani képződményeket, amelyeket útja során beazonosított. A térkép így csak a bejárt útvonalak mentén, szórványosan mutatja be a terület földtanát (PAPP-VÁRY – HRENKÓ 1989) (3.1. ábra). A képződményeket – összesen 13 félélt – kézzel festve, elterjedésük alapján színelületekkel ábrázolja –

azokat számokkal is kiegészítve –, ami a tematikus térképészet ábrázolási módszereit tekintve újdonságnak számított, és mint később látni fogjuk, földtani térképek esetében jól bevált, ma is a leggyakrabban alkalmazott módszerre fejlődött.



3.1. ábra: Townson földtani térképe és részlete, ~1:1 000 000 (TOWNSON 1797).

Kisebb területek egyes földtani képződményeinek színelületekkel való ábrázolását Townsonéhoz hasonlóan több térképen is megtaláljuk, de nagyobb, összefüggő területen, az összes képződmény ábrázolására csak 1815-ben alkalmazta először William Smith, angol nyelvterületen (KLINGHAMMER – PAPP-VÁRY 1983). Ez volt az első modern földtani térkép¹, amely a napjainkban is használatos

¹ A térkép eredeti címe: „A delineation of the Strata of England and Wales with part of Scotland; exhibiting the Collieries and Mines, the Marshes and Fen Lands originally overflowed by the Sea, and the varieties of soil according to the variations in the substrata, illustrated by the most

térképezési alapelvek szerint a földkérget alkotó képződményeket a koruk, keletkezési viszonyaik és kőzettani összetételük szerint ábrázolja.



3.2. ábra: Staszic földtani térképének egy lapja, és részlete (STASZIC 1815).

- Lengyelország, Moldávia, Erdély és Magyarország egyes részeinek földtani térképe ~1:1 200 000. *Carta geologica totius Poloniae, Moldaviae, Transilvaniae, et partis Hungariae, et Valachiae* (STASZIC, 1815).

Az angol térképpel azonos évben jelent meg egy másik, az ábrázolt terület egészét bemutató, részletes térkép, amely a lengyel Stanisław Staszic munkája. Az 1806-ban szerkesztett, rézlapra metszett, kézi festésű térkép 4 lapból áll, nyomtatásban csak közel tíz évvel később jelent meg Varsóban „A Kárpátoknak és Lengyelország más hegyeinek és síkságainak földszületéséről” c. monográfia mellékleteként (3.2. ábra). A Kárpát-medence nagy részét ismerteti, hazánkat a

descriptive names”; „Anglia, Wales és Skócia rétegeinek leírása” 1815, 1:158 000 (1 inch : 5 mérföld) (KLINGHAMMER – PAPP-VÁRY 1983).

Dunántúl kivételével ábrázolja. Staszic térképe a korokat színekkel, a különféle képződményeket számokkal, a tektonikai viszonyokat különböző pontokkal és vonásokkal jelöli. Az Északi-középhegység, az Alföld, ill. a Gerecse–Pilis–Budai-hegységek, a Kisalföld és Soproni-hegység területén összesen 34 különféle képződményt különböztet meg (LORBERER 1975, PAPP-VÁRY – HRENKÓ 1989).



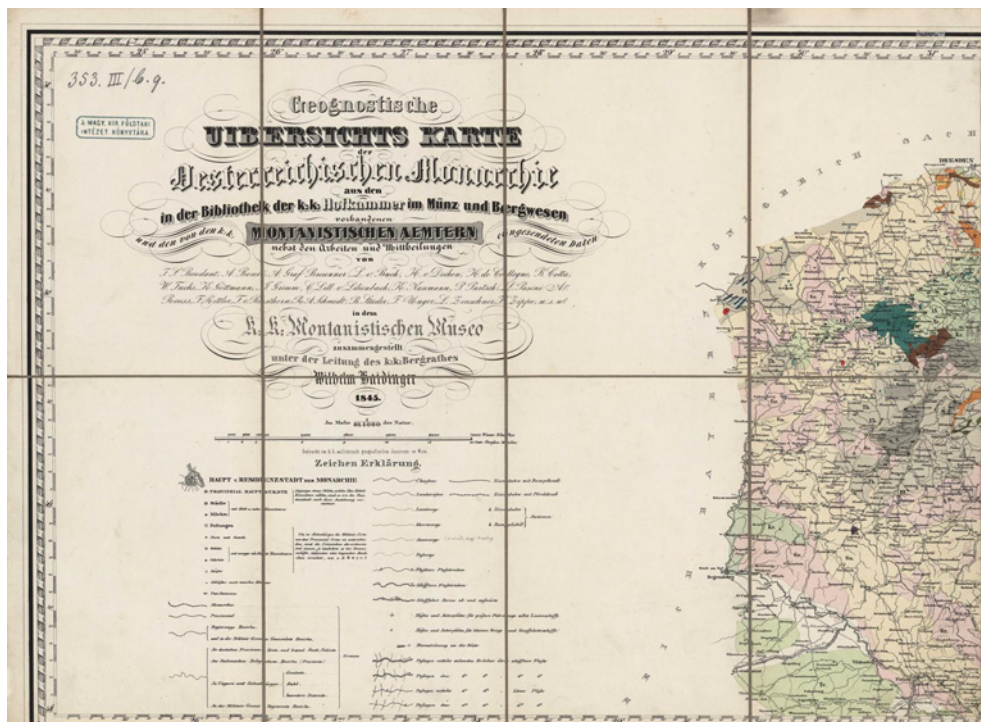
3.3. ábra: Beudant földtani térképe, 1:1 000 000 (BEUDANT 1822).

- Magyarország és Erdély geológiai térképe, 1:1 000 000. Carte géologique de la Hongrie et de la Transylvanie avec une partie des pays limitrophes (BEUDANT 1822).

Kifejezetten Magyarországról François Sulpice Beudant szerkesztett összefüggő geológiai térképet 1818-ban (3.3. ábra). Beudant 9 hónapot töltött el Magyarországon Zipser Keresztély András (1783-1864) kíséretében, hivatalos gyűjtés és földtani megfigyelések céljából. Megfigyeléseit négy kötetben adta közre, az utolsó számos térképet is tartalmazott. Munkája (Voyages minéralogique

et géologique en Hongrie. Paris 1822) Magyarország geológiája, főként pedig vulkáni kőzetei tekintetében, korában alapvető jelentőségű volt. A térkép további érdekessége, hogy már metrikus rendszerben készült (BREZSNYÁNSZKY – SÍKHEGYI 2007, TÖRÖK 2007, OSZK 2008). Townson térképéhez képest az azonos méretarány mellett Beudant többfajta képződményt ábrázol. Atlaszában szerepel a Balaton 1:100 000-es földtani térképe is.

3.2. A katonai felmérésekhez kapcsolódó országos földtani térképek, térképművek



3.4. ábra: Haidinger földtani térképének részlete, 1:864 000 (HAIDINGER 1845).

A XIX. század első felében összegyűlt földtani adatok és térképek alapján Wilhelm Haidinger szerkesztett áttekintő földtani térképet (3.4. ábra) az osztrák császárság teljes területéről. A magyar részek igen elnagyoltak, de a képződményeket egységes szemlélettel mutatja be. A térkép topográfiai alapja az I. katonai felmérésből (1763-1787) származik, annak ellenére, hogy a felmérés

térképei titkosak voltak és csak az I. világháború után váltak nyilvánossá. A topográfiai háttérrel biztosító áttekintő térképet az I. katonai felmérés alapján Fallon ezredes készítette 1:864 000-es méretarányban, és 1822-ben adták ki (JANKÓ 2007, SÍKHEGYI 2009). Haidinger térképén 20 különféle színnel és betűjelekkel 22 közetféléseget és rétegtani egységet különített el, több egység elnevezése a mai napig használatos (BREZSNYÁNSZKY – SÍKHEGYI 2007).

Az országról eleinte elsősorban külföldi utazók készítettek kevés terepbejárás alapján földtani térképeket. A hazai földtani kutatás fejlődését serkentette a tudomány intézményeinek létrejötte: 1848-ban megalapították Magyarhoni Földtani Társulatot, majd a kiegyezés után 1869-ben a Magyar Királyi Földtani Intézetet, amely megalakulása után átvette az 1849-ben alapított bécsi K. K. Geologische Reichanstalt (Birodalmi Földtani Intézet) magyarországi térképező munkájának irányítását, és azóta is egyik fő feladatának tekinti az ország földtani térképezését (OSZK 2008).

A rendszeres és részletes földtani felvételek megindulásának előfeltétele a megfelelő részletességű, a teljes országot lefedő topográfiai térképek megléte. Az ország részletes földtani felmérése így a katonai felmérésekhez kapcsolódva kezdődött a bécsi K. K. Geologische Reichanstalt vezetésével 1:432 000-es, majd 1:144 000-es méretarányban (STEGENA 1983).

A térképekhez a topográfiai alapot a II. katonai felmérés (1806-1869) nyomtatásban megjelent térképeinek 1:144 000-es lapjai szolgáltatták. A térképezési munkálatok hazánkban a nyersanyagokban gazdag északi területekre szorítkoztak (3.5. ábra). 1853-tól a Bécshez közeli Pozsony és Sopron szelvényei készültek el, majd 1856-tól 1869-ig gyakorlatilag teljes Felső-Magyarország összesen 43 szelvényen. A földtani térképezés eredményét sajátos formában adták közre: az 1:144 000-es alpra fekete színnel és számokkal egyedileg rányomtatták a földtani tartalmat, a jelkulcsot pedig gyakran kézírással készítették el a térkép keretén kívül. A jelkulcs és a térkép kiszínezése kézi festéssel készült, emiatt gyakorlatilag minden lap egyedi (BREZSNYÁNSZKY – SÍKHEGYI 2007, SÍKHEGYI 2009).



3.5. ábra: Szendrő környékének földtani térképe (Umgebungen von Szendrő), 1:144 000, 1880 (felvétel 1868).

A Birodalmi Földtani Intézet Franz Ritter von Hauer vezetése alatt folyamatosan adta ki a térképszelvényeket, a felmérések alapján pedig Hauer földtani áttekintő térképet is szerkesztett a birodalomról „Az Osztrák-Magyar Monarchia földtani áttekintő térképe (Geologische Übersichts-Karte der Österreichisch-Ungarischen Monarchie)” címmel, 1: 567 000-es méretarányban (3.6. ábra).

A térkép 1867-71 között jelent meg Bécsben, 12 lapon. Topográfiai alapját a II. katonai felmérés általános térképeiből (Generalkarten) vezették le feles kicsinyítéssel. A térkép közel 50 földtani képződményt különít el kb. ötven színárnyalattal. A térképhez magyarázó füzet is készült, melynek szerzői között magyar szakemberek is szerepeltek (SÍKHEGYI 2009).



3.6. ábra: Az Osztrák-Magyar Monarchia földtani áttekintő térképe, II. lap (Geologische Übersichtskarte der Österreichisch-Ungarischen Monarchie, Blatt II.), 1:567 000 (HAUER 1867-71).

A Magyar Királyi Földtani Intézet megalakulásával hazai irányítással folytatódott a részletes földtani térképezés, amelynek topográfiai alapját szintén a II. katonai felmérés 1:144 000-es méretarányú lapjai jelentették. Az 1880-as évek elejére elkészült Észak-Magyarország és a Dunántúl felvétele. Bár számos szelvény már a kiegyezés előtt elkészült hazánk területéről, zömük csak akkor jelenhetett meg, amikor a katonai felmérés felvételeit az 1:144 000-es nyomtatott lapokon kiadhatták. Ezért a készítés és kiadás között akár több évtizednyi idő is eltelhetett. Végül 29 szelvényt adott ki a Magyar Királyi Földtani Intézet. A nyomtatott topográfiai alapra fekete körvonalakkal és számozással nyomtatták felül a földtani tartalmat, majd kézzel festették ki az eltérő képződményeket (SÍKHEGYI 2009). Az egyes lapokon szereplő képződményeket a

jelmagyarázatban beszámolták és ezt a térképen is feltüntették. A térképek az Osztrák-Magyar Monarchia gyakorlatához igazodva kétnyelvűek.

A 144 000-es sorozat szerkesztése 1880 után félbe maradt, mert a III. katonai felmérés 1:25 000-s, korszerűbb felvétele időközben (1869–1885) lezajlott Magyarországon. Az új katonai felmérés 1:75 000 lapjai megjelenésüket követően több tematikus térképhez szolgáltak alapul. Elsőként 1885 és 1914 között folyt a Geologische Karte sorozat (*A magyar korona országainak részletes geológiai térképe 1:75 000*) felvétele és kiadása a monarchia területéről, ám ez a sorozat sem készült el teljesen. A magyarországi szelvényeket magyar felirattal és jelkulccsal adták ki (JANKÓ 2007, SÍKHEGYI 2009) (3.7. ábra).



3.7. ábra: Budapest és Szent-Endre vidéke, 1:75 000, 1898.

A nyomtatásban megjelent szelvények elsősorban Észak-Erdélyből valók, részben Budapest környékéről, illetve a Bánát déli részéről. A kéziratban maradt szelvények közül a Földtani Intézet 43 darabot őriz. A felvételezést és közreadást az I. világháború kitörése akasztotta meg. A trianoni Magyarország kialakulásával a rendszeres felvételek lényegében teljesen megálltak (SÍKHEGYI 2009).

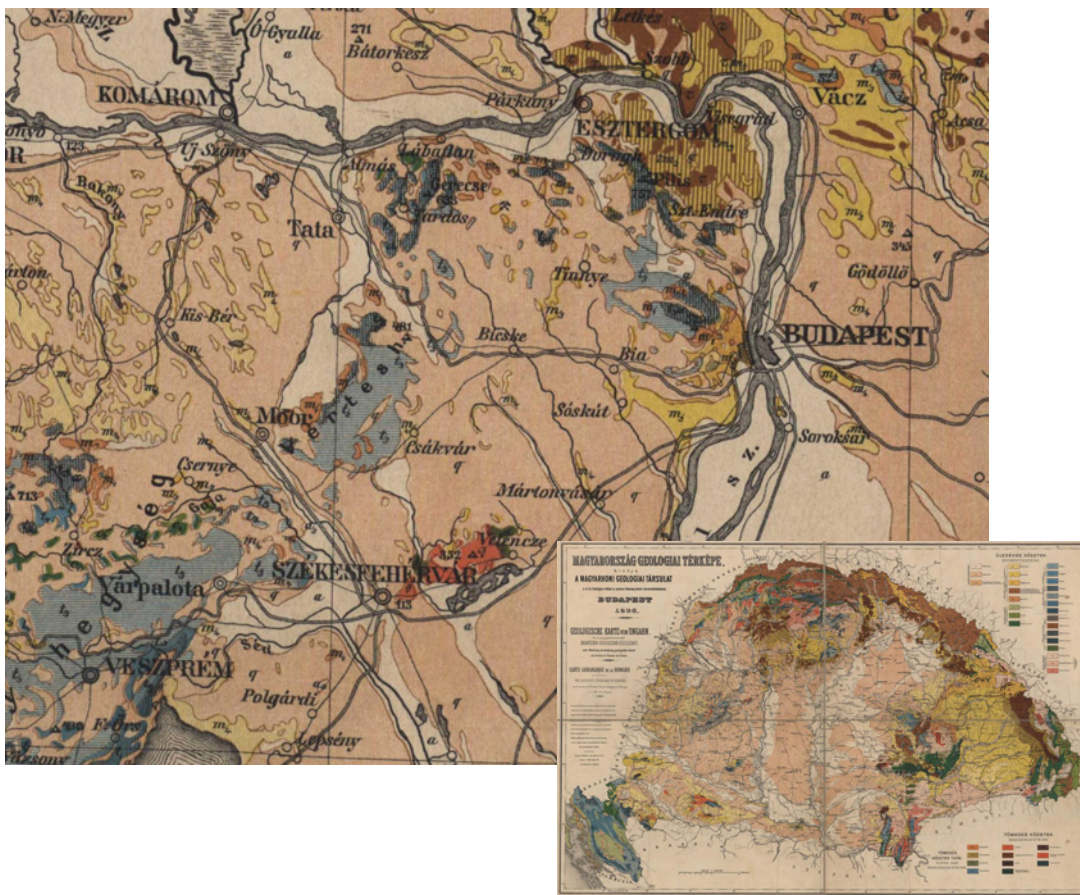
3.3. Országos földtani térképek a nemzetközi egységesítés után

A földtan, ezen belül a rétegtan fejlődése a térképi ábrázolásmód fejlődését vonta maga után. A nemzetközi földtani kongresszusok sora 1878-ban vette kezdetét Párizsban. Az egyik legnagyobb horderejű célkitűzés az volt, hogy egységesítsék a helyi hagyományok szerint kifejlődött, egymástól különböző földtani nevezéktan és térképi ábrázolásmódokat. Két nemzetközi bizottságot hoztak létre: az egyik bizottság célja a földtani ábrázolások egységesítése volt – tagjai közé választották Hantken Miksát, a Magyar Királyi Földtani Intézet akkori igazgatóját –, a másik bizottság a földtani nevezéktan egységesítését tűzte ki feladatként – ennek tagja lett Szabó József, a budapesti egyetem tanára (BREZSNYÁNSZKY – SÍKHEGYI 2007).

A párizsi kongresszus elhatározásai a második, Bolognában rendezett Nemzetközi Földtani Világkongresszusra (1881) kiírt pályázatra tett javaslatokban realizálódtak. Ebben az egységesítési folyamatban a magyar geológusok, közöttük az Intézet munkatársai is meghatározó, fontos szerephez jutottak (BREZSNYÁNSZKY – SÍKHEGYI 2007). Karpinsky előterjesztését, amely színek, minták és megírások szimbólumrendszere volt, Szabó József egészítette ki. A javaslatok közül elfogadták a magyar szakemberek magmás képződmények megjelenítésére tett előterjesztéseit. Az elfogadott színhasználat alapelve szerint minél idősebb a képződmény annál sötétebb szín jelöli a térképen (3.1. táblázat) (GYALOG 2004).

Földtani kor	Szín
tercier	sárga
kréta	zöld
jura	kék
liász	sötétkék
triász	ibolya
karbon	szürke
devon	barna
szilur és kambrium	szürkéskék- kékeszöld
archaikum	rózsaszín
eruptív kőzetek	vörös

3.1. táblázat: Az 1881. évi földtani világkongresszuson elfogadott nemzetközi színskála



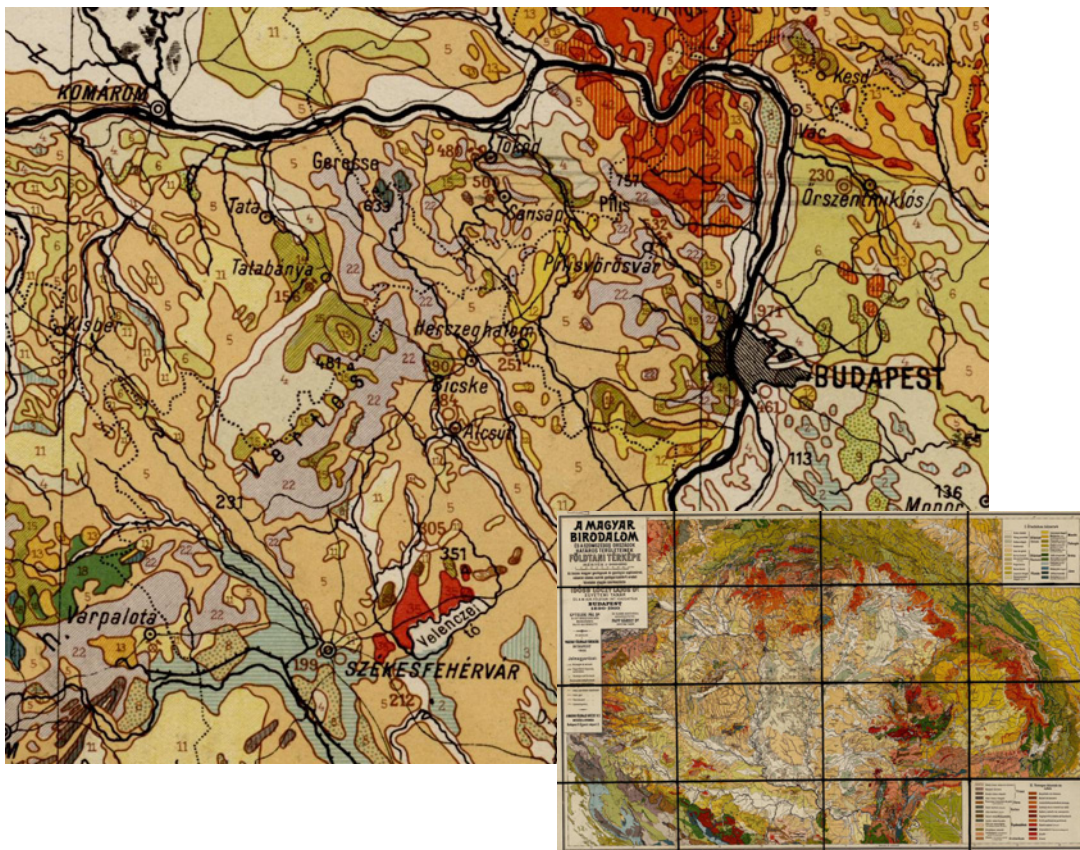
3.8. ábra: Magyarország geológiai térképe, 1:1 000 000 (BÖCKH et al. 1896) és részlete.

- *Magyarország geológiai térképe, 1:1 000 000* (BÖCKH et al. 1896)

Az új, egységes színskála alkalmazásának egyik első, szép példája Böckh geológiai térképe, amelyet, mint ahogyan a fejlécében is szerepel, a Magyarhoni Geológiai Társulat adott ki, és a Magyar Királyi Földtani Intézet munkatársai készítették Semsey Andor közreműködésével 1896-ban, a millennium alkalmából. Felületi színeit ugyancsak a bolognai világkongresszuson kialakított betű-szám szimbólumok egészítik ki: a központi elem a kort jelöli, a többi információ alsó-felső indexben található (GYALOG 2004). A térkép magyar szakemberek munkája, az egész Kárpát-medencét ábrázolja, jelkulcsában 26 üledékes és 11 tömeges képződményt különít el (3.8. ábra).

- *A Magyar Birodalom és a szomszédos országok határos területeinek földtani térképe, 1:900 000* (LÓCZY–PAPP 1922)

A térkép kéziratát 1890-1910 között szerkesztette id. Lóczy Lajos a III. katonai felmérés 1:75 000-es lapjai alapján 1:360 000-es méretarányban. A kéziratot az 1900. évi párizsi világkiállításon aranyérmét nyert (TÖRÖK 2007). A kéziratot sajtó alá Papp Károly rendezte, akinek kiegészítéseivel 1922-ben adták ki 1:900 000 méretarányban. Ez volt az I. világháború előtti Magyarország legteljesebb geológiai térképe, amely összesen 42-féle képződményt különít el, jelölésében a nemzetközi színkulcsot felhasználva (3.9. ábra). Kartográfia-történeti jelentőségét az adja, hogy sem előtte, sem azóta 35 színnel nem nyomtattak magyar térképet (BREZSNYÁNSZKY – SÍKHEGYI 2007).



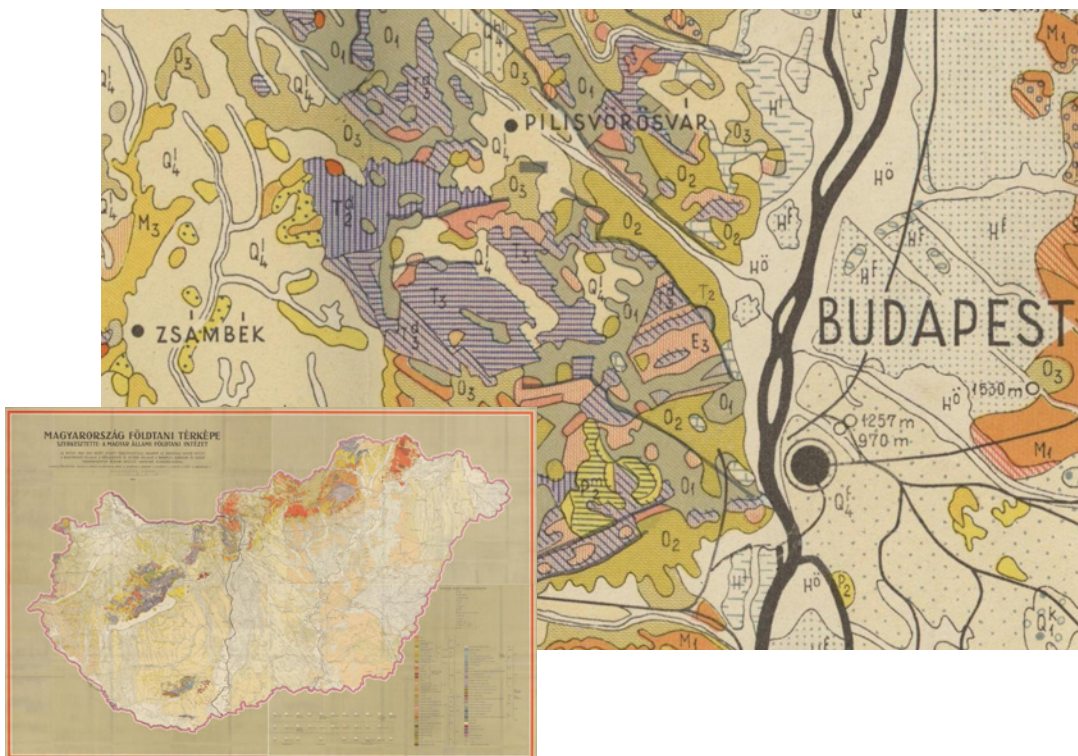
3.9. ábra: A Magyar Birodalom és a szomszédos országok határos területének földtani térképe, 1: 900 000 (LÓCZY L. 1922) és részlete.

- 1:25 000-es egységesített földtani térképmű (kézirat)

Az 1:25 000-es egységesített földtani sorozat az 1950-es években készült, az akkor még használatban lévő, a III. katonai felmérés 1:25 000-es szelvényezésű sztereografikus vetületű topográfiai lapjain (SÍKHEGYI 2009). A térképet egyrészt meglévő felmérések alapján – ezek főként hegyvidéki területeken álltak rendelkezésre – egységesítve, másrészt új, gyorsított felmérés, ún. biciklis térképezés alapján szerkesztették. Egyes területeken (pl. Bicskei-medence egyes részei) ma is ez az egyetlen részletes felvétel. A szelvények kéziratban maradtak, de ezt használták fel a későbbi 1:200 000-es térképműhöz. A szerkesztés vezetői: Balogh K., Noszky J., Szentés F., Sümeghy J. (GYALOG 2004).

- Magyarország földtani térképe, 1:300 000 (BALOGH et al. 1956)

A Magyar Állami Földtani Intézetben készült felszíni földtani térkép 1956-ban jelent meg, összefoglalja több mint fél évszázadnyi (1869-1955) földtani térképezés eredményeit és több hazai kutatóvállalat (agrokémiai-, bauxit-, és kőolajkutató vállalat, illetve a tudományegyetemek földtani intézetei) adatait. Jelkulcsa kor és kőzettípus szerint osztályozza a képződményeket, összesen majd százfélét (3.10. ábra).

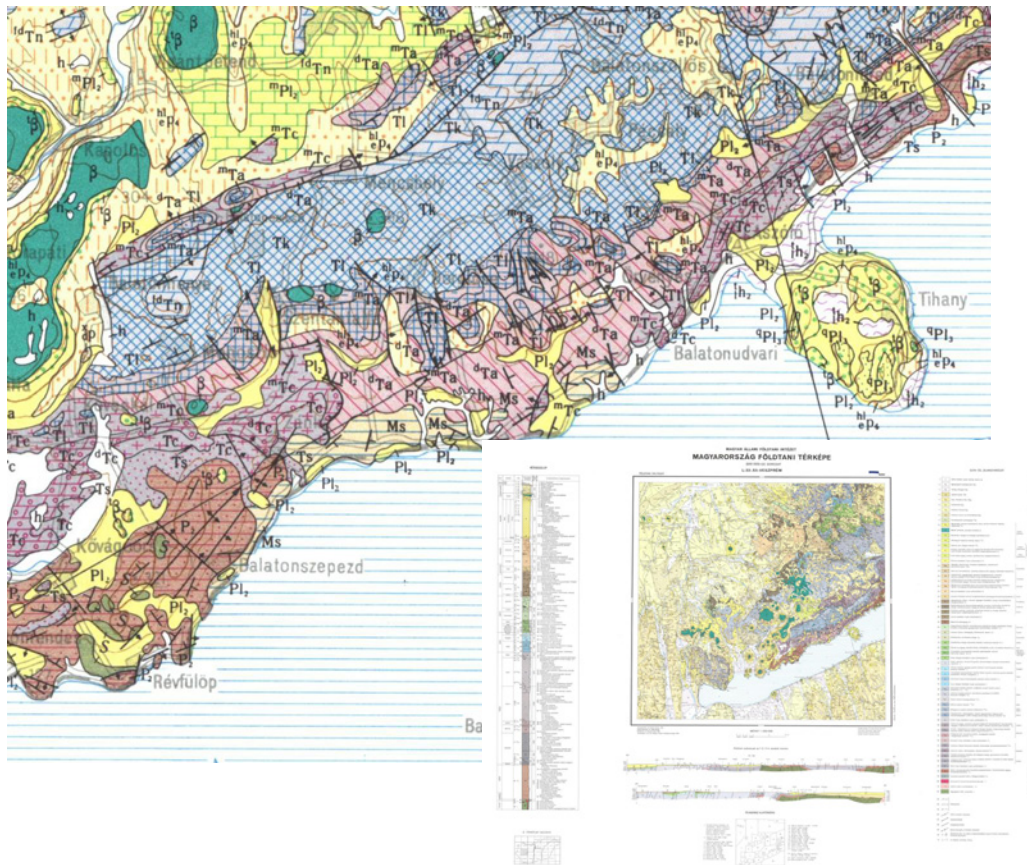


3.10. ábra: Magyarország földtani térképe és részlete, 1:300 000 (BALOGH et al. 1956).

- Magyarország földtani térképe, 1:200 000-es sorozat.

A térképművet Balogh K. vezetésével az 1960-70-es években készítették (3.11. ábra). Alapját az addigi legfrissebb felvételek, az 50-es évek biciklis felmérései adták. Nagy erénye az egységesség és a magyarázóinak részletessége. A térképmű része volt egy az egész KGST-t érintő térképsorozatnak (GYALOG 2004). Egyes térképszelvények a felszíni földtani téma mellett más változatokban is

megjelentek, mint pl. fedetlen földtani változat, gazdaságföldtani változat, hidrogeológiai változat.

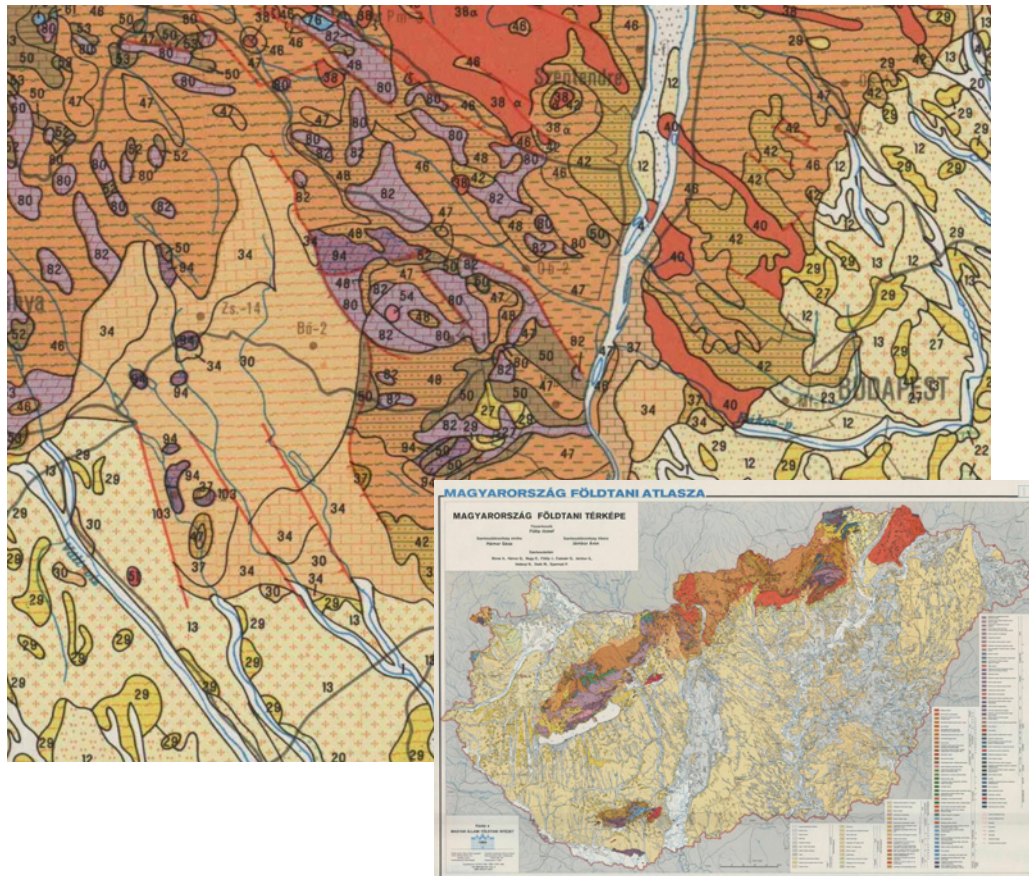


3.11. ábra: Magyarország földtani térképe, 1:200 000-es sorozat, L-33-XII-Veszprém lapja (SZENTES 1967).

- Magyarország földtani térképe, 1:500 000 (FÜLÖP et al. 1984)

A térkép Magyarország Földtani Atlaszában jelent meg, Fülöp József főszerkesztésével. Az atlasz lapjai – mintegy 30 lap – 1:500 000-es méretarányban ábrázolják az országot különböző földtani tematikák szerint (Magyarország szerkezetföldtani térképe, Magyarország szeizmikus-felmértségi térképe, Magyarország vízföldtani prognózis térképe stb.). Jelkulcsa a Balogh-féle térképhez képest jóval részletesebb, kisebb méretaránya ellenére többféle képződményt ábrázol (3.12. ábra).

A lapokat egyedileg, különböző megjelenési évvel adták ki az 1980-as években. A hegyvidéki területeken fedetlen², a sík- és dombvidéken fedett³ a térkép, a kettő határa önkényes (GYALOG 2004).



3.12. ábra: Magyarország földtani térképe, 1:500 000 (FÜLÖP et al. 1984).

3.4. Napjaink országos földtani térképművei

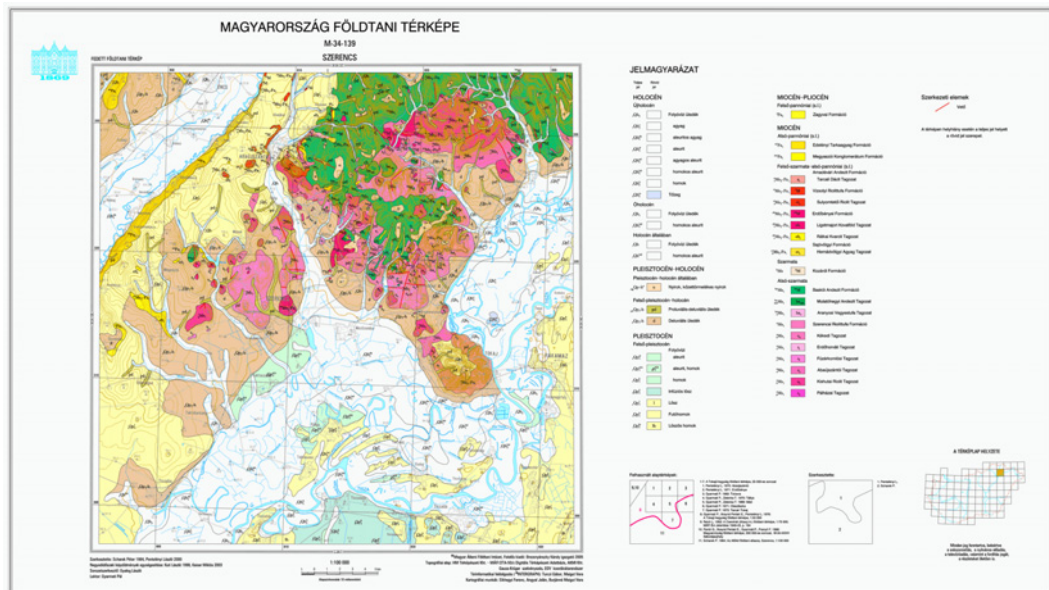
- Magyarország fedett földtani térképe, 1:100 000 (GYALOG et al. 2005)

Az 1:100 000-es méretarányú földtani térkép az eddigi legrészletesebb befejezett országos térképmű, és az első, amely digitális technikával készült és

² Fedett földtani térkép: a negyedidőszaki képződményeket is tartalmazó földtani térkép.

³ Fedetlen földtani térkép: a negyedidőszaki képződmények elhagyásával szerkesztett földtani térkép.

adatbázis háttérű. Jelkulcsa egységes rendszer szerint épül fel. Elsősorban a szakmai közönségnek szánt, hiányt pótló, összefoglaló alpmű, amely a megjelenés óta eltelt néhány évben igazolta is e szándék jogosságát. Egyik térképszelvényét a 3.13. ábra mutatja be. E térképmű szolgált esettanulmányul az értekezés elkészítéséhez, részletes ismertetése a 6.1. fejezetben található.

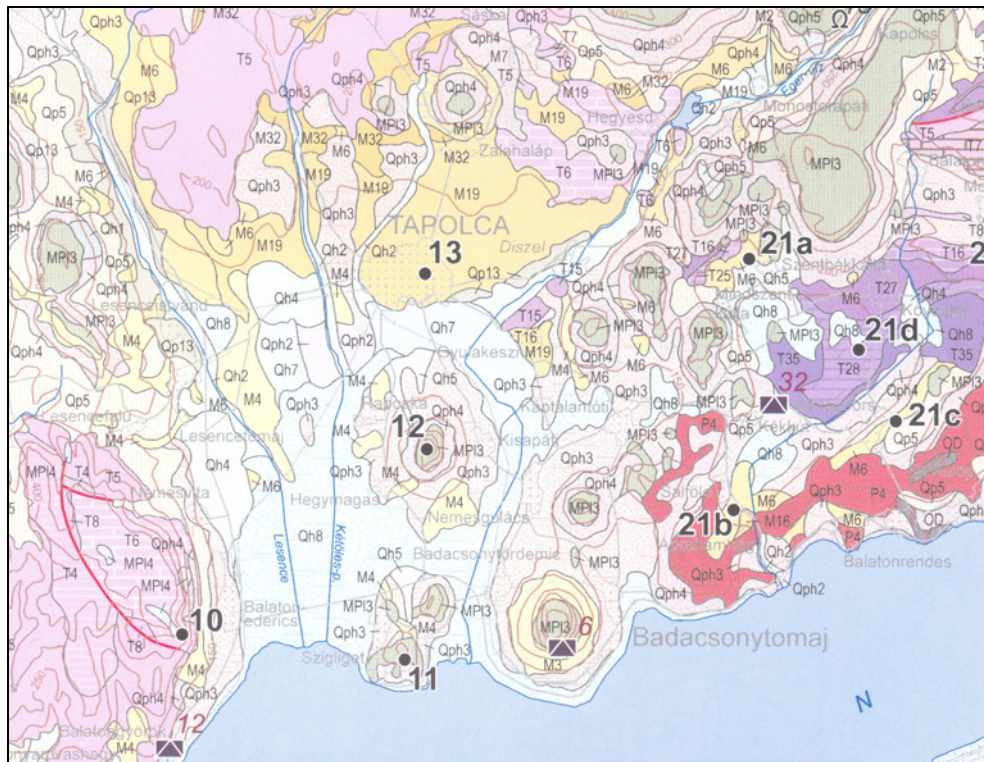


3.13. ábra: Szerencs, Magyarország földtani térképe, 1:100 000.

- Magyarország földtani atlasza országjáróknak, 1:200 000 (BUDAI – GYALOG 2009)

A Magyar Állami Földtani Intézet 2009-ben jelentette meg Magyarország földtani atlasza országjáróknak című kiadványát, amely 1:200 000-es méretarányban ábrázolja a felszíni földtani viszonyokat. Az atlasz a szélesebb közönség érdeklődését szeretné felkelteni a földtani ismeretek iránt. Ehhez a koncepcióhoz igazodva a képződményeket jelölő szimbólumok egyszerűbbek a tudományos térképeken alkalmazott jeleknél, a felületi színek esetében természetesen megmaradt a nemzetközi színskála alkalmazása. A kötet a térképlapokon feltüntet közel száz, szélesebb érdeklődésre számot tartó földtani objektumot, amelyekről részletes leírást is ad, és számos egyéb földtani látnivalót:

látogatható barlangokat, földtani tanösvényeket, gyógyfürdőket, földtani gyűjtőkörű kiállítóhelyeket és bányászati emlékhelyeket (3.14. ábra). A kiadvány elején rövid összefoglalást találunk Magyarország földtani felépítéséről (BUDAI – GYALOG 2009).



3.14. ábra: Magyarország földtani atlasza országjáróknak, 1:200 000, részlet (BUDAI – GYALOG 2009)

Az atlaszban szereplő földtani térképet a Magyarország 1:100 000-es fedett földtani térképének adatbázisa alapján szerkesztették. A szerkesztés előkészítésében magam is tevékenyen részt vettem, digitális eljárásokat alkalmazva segítettem a geológusi szerkesztői munkát. Az atlasz térképészeti–geoinformatikai feladatainak összefogása 2007-ig az én feladatomból volt.

A kiadványban szereplő felszíni földtani térkép 1:250 000-es méretarányú változatát az Intézet fennállásának 140. évfordulója alkalmából rendezett konferenciájára egylapos, tabló formátumban is megjelentette.

4. A földtani modellalkotás

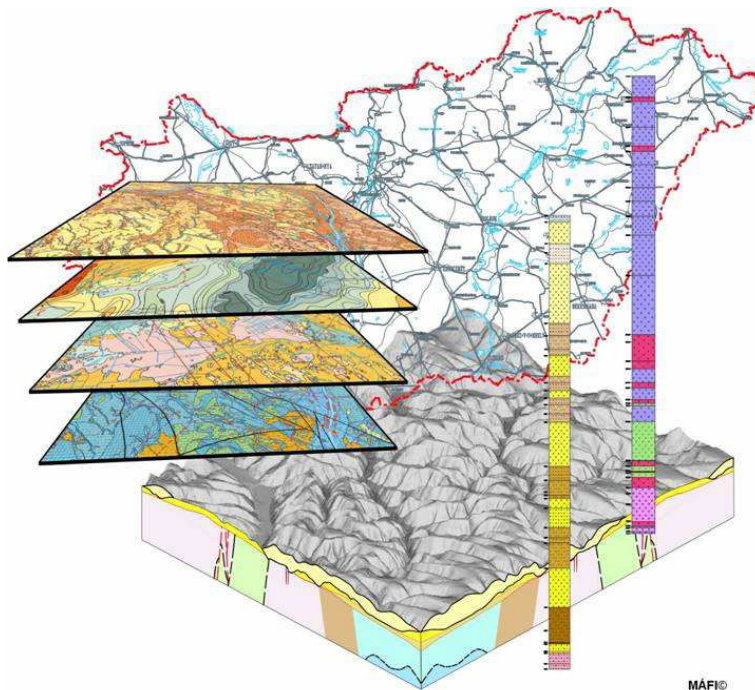
4.1. Magyarország földtani térmodellje

A Magyar Állami Földtani Intézet fő feladata – az Európai Unió tagállamaiban működő „geological survey” típusú intézményekhez hasonlóan – az állam földtani feladatainak ellátása, az ország stratégiai céljait kielégítő, megalapozó naprakész földtudományi információ szolgáltatása az ország egész területére vonatkozóan. Ez jelenti az ország földtani felépítésének megismerését célzó térképezési és kutatási feladatokat (adatgyűjtés), az ezek során keletkező adatok értelmezését (értéknövelt adatok előállítás) és egységes rendszerbe történő illesztését (adatbázisintegráció), valamint az értéknövelt földtani információ szolgáltatását a szakmai és nagyközönség felé.

Az Intézet 2001-ben hosszútávú kutatási célként jelölte meg „Magyarország földtani térmodellje” informatikai rendszer fejlesztését. A térmodell építésének célja az, hogy a valóságot jól tükröző rendszert hozzunk létre, amelyen kísérletezhetünk, vagy kérdéseinkre választ kaphatunk. A modellek a tudomány munkaeszközei, a valóságot vagy annak egy részletét a valóságtól eltérő, egyszerűsített és rendszerezett formában mutatják be, hiszen a környezetünkről rendelkezésre álló információ tömeg csak így válhat számunkra értelmezhetővé, elemezhetővé. A modell szó jelentése nagyon általános, itt most elsősorban olyan adatokat értünk rajta, amelyekre építve valamilyen földtani modellezési célt ki tudunk szolgálni, vagy amelyek valamilyen modellező szoftver számára információt szolgáltatnak. A földtani térmodell kifejezés sem egy pontosan definiált adatbázis takar, hanem egy olyan általánosítást, amelytől azt várjuk, hogy a térrész földtani felépítéséről folytonos információt adjon, valamint síkok, felületek mentén értelmezhető legyen. A térmodell tehát voltaképpen moduláris rendszerben, különböző méretarányú és célú modelleket integrál (4.1. ábra).

A modellépítés és az adatbázis fejlesztések kapcsolódnak az Európai Közösség Nemzeti Téradat Infrastruktúra Irányelv fejlesztési programjához (INSPIRE). Az irányelv mellékletének megfogalmazása szerint a földtan témakörben a geológiai

téradatak alapját a földtani térképek és az ehhez kapcsolódó adatbázisok jelentik. Ezzel az uniós megfogalmazással összhangban az Intézet által folyamatosan fejlesztett országos földtani térmodell térképalapú tematikus geoinformatikai adatbázisokból áll, amelynek részét képezik az ország területét lefedő digitális földtani, mélyföldtani térképek, regionális földtani szelvények, az ország területén mélyült sekély- és mélyfúrások digitális adatbázisai, a különböző tematikus földtani (vízföldtani, környezetföldtani, geokémiai, agrogeológiai, geotechnikai stb.) adatbázisok, valamint az egyéb kiegészítő tematikák (digitális topográfia, terepmodell stb.). Ennek a rendszernek a fejlesztése, a rendelkezésre álló archív adatok adatbázisokba történő rendezése, a földtani kutatások során keletkező új adatok beépítése, az adatbázisok homogenitásának és integrálhatóságának megteremtése folyamatos feladat, amely az Intézet minden további tevékenységének alapját jelenti.



4.1. ábra: Példák Magyarország földtani térmodelljét alkotó különböző típusú adatbázisokra.

A térmodell készítést mindenképpen meghatározzák a rendelkezésre álló adatok és erőforrások, valamint a felhasználói oldal igénye. Országos, áttekintő léptékű földtani modellt jelenleg elsősorban a vízbázisokkal, vízkészlet-gazdálkodással kapcsolatos kérdések megválaszolása igényel. Ugyanakkor nagy az igény kisebb területek részletes 3D földtani ismeretére, elsősorban alkalmazott földtani kutatási feladatok megoldására. Tekintetbe véve Magyarország heterogén földtani felépítését és megkutatottságát, a földtani térmodell sem lehet teljesen homogén. A nyersanyagkutatás miatt fúrásokkal részletesen megkutatott, jól feltárt hegyvidéki területeken célszerű az 1:100 000 méretarányt alapul venni, míg a medenceterületeken az 1:500 000 méretarány látszik célszerűnek.

Az alapadatok, adatbázisok integrálása, harmonizálása mellett azok megjelenítése (például térkép, földtani szelvény, tömbszelvény, alul-, felül-, oldalnézet, forgatás stb.) is fontos, hiszen egy adott modellezési feladat messze túlmutat a földtani térkép és az adatbázis együttes szintjén, és megkívánja az ezek által képviselt tartalom értelmezését, elemzését, valamint megjelenítési és szerkesztési technikák alkalmazását is.

Magyarország földtani térmodelljének egyik sarokköve a 2005-ben megjelent Magyarország 1:100 000-es földtani térképének adatbázisa. A térképmű térképészeti–geoinformatikai feladatnak irányítása 2002-től az én feladatomban volt. A térmodell egy másik rétegét képezi a Felszín alatti víztestek megismerésére irányuló projekt keretén belül készült mintegy 150 földtani szelvény, amelyek 3D-s változatának elkészítése és integrálása jelenleg is folyamatban van. A felsorolt munkákban tevékenyen részt vettem, és elsősorban e feladatok során szerzett tapasztalataimra építve fogalmaztam meg jelen értekezés megállapításait.

4.2. Térképi modellalkotás

A kartográfia klasszikus feladata a térbeli adatok ábrázolása, mégpedig oly módon, hogy a térbeli szerkezetek és folyamatok felismerhetővé váljanak és ezáltal az általános földrajzi és speciális szakági ismeretek figyelembe vételével

értéknövelt információt kapjunk. Ehhez a digitális kartográfianak a térképészeti ábrázolási módszerek mellett geoinformatikai és informatikai módszereket is alkalmaznia kell. A digitális térképi ábrázolás kiindulási adatait valamely adatbázis (digitális objektum-modell) szolgáltatja, amely még mentes minden grafikai jellemzőtől, kizárólag egy rendszerezett adattömeg. Az adatok modellezése a térbeli objektumok leírását jelenti, azok geometriája, topológiája és tematikája alapján.

- geometriai modellezés: az objektumok geometriájának leírása, feldolgozása és tárolása (pont, vonal, felület) koordinátájuk alapján.
- topológiai modellezés: az objektumok helyzetének, egymáshoz való térbeli viszonyainak leírása, feldolgozása és tárolása. A topológia lehetővé teszi az adatok térbeliségének elemzését, például szomszédosság lekérdezésével, konzisztencia ellenőrzésével.
- szemantikai modellezés (tematika modellezése): az objektumok tematikus tartalmának leírása, feldolgozása és tárolása. Az objektumok hierarchiája alapján meg kell határozni az objektumok osztályait, attribútumait és relációit, valamint funkcióit. A tematikus információt az adatbázisban attribútum táblák tartalmazzák.

Adatbázisban tárolt térbeli vonatkozású információkat kartográfiai módszerekkel tudunk megjeleníteni, ezért digitális térképek esetében is szükséges a kartográfiai modellezés. Az adatbázisból az ábrázolandó objektumokat úgy kell kiválasztani és viszonyukat formálisan leírni, hogy azok a térkép céljának megfeleljenek és ábrázolhatóak legyenek. A térképi tartalmat az adatbázis objektumosztályai döntően befolyásolják. A térképi modellalkotás során létre kell hoznunk egy digitális jelkönyvtárat, amely tartalmazza az összes megjelenítendő objektumosztály jeleit. Ez a jelkönyvtár nemcsak a szimbólumok grafikáját tartalmazza, hanem egyben kapcsolatot is teremt az adatbázis szemantikai információival (attribútum típusa, értéke), vagyis a jeleket a megfelelő objektumosztályhoz rendeli. A szimbólumok alkalmazásához szabályokat kell felállítani, és meg kell határozni az egyes térképi osztályok ábrázolásának prioritását is.

A folyamat lépései (HAKE 2002):

- az objektumok osztályozása és az ábrázolandó objektumok kiválasztása (kartográfiailag determinált modellgeneralizálás)
- térképi objektumok képzése a digitális kartográfiai modell alapján
- számítógéppel segített kartográfiai modellezés (vizuálisan kontrollált térképkészítés).

4.2.1. A földtani térkép – a földtan vizualizációja

Általánosan elmondható, hogy a földtani térképek a földtani képződmények minőségét, elterjedését valamint a földtani jelenségeket és szerkezetet ábrázolják (KLINGHAMMER – PAPP-VÁRY 1989). A térkép a szerkesztő geológus fejében lévő földtani modell egyszerűsített képe, összefoglalása.

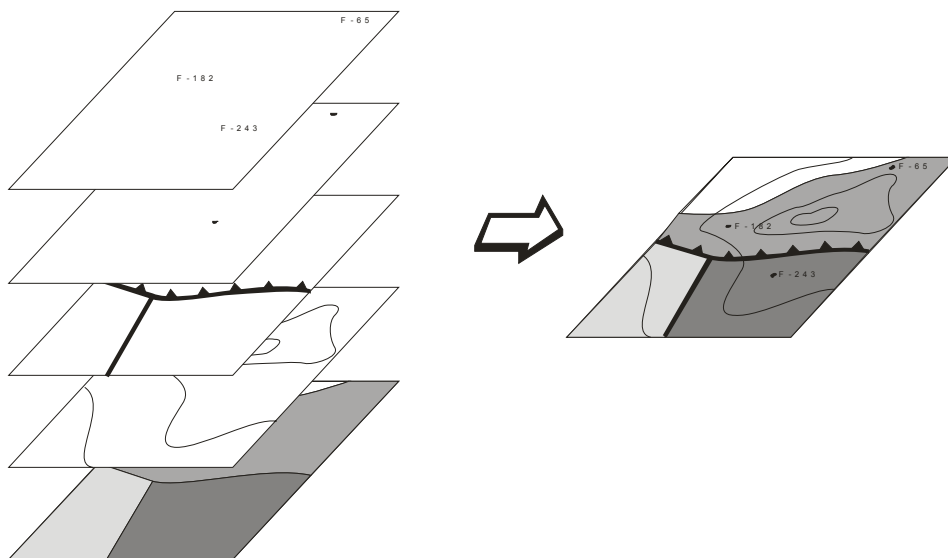
A földtani térképeket többféleképp csoportosíthatjuk. Az egyik kézenfekvő rendszerező elv a térképeken ábrázolt földtani tematikus információ, mint pl. a közzettettek elterjedése, vízáteresztő képessége, rétegvastagság, tektonika, fúrásponatok stb. Tematikus tartalmukat tekintve KLINGHAMMER – PAPP-VÁRY (1989) adnak részletes osztályozást a földtani térképekről. Jelen értekezés a bemutatott esettanulmány tükrében a felszíni földtani térképekkel foglalkozik, és az értekezésen belül a földtani térkép kifejezés alatt is elsősorban ezt a térképcsoportot értem.

Informatikai szempontból már nem a térkép tartalma, hanem a logikai adatszerkezet az érdekes. Ennek alapján öt témát különíthetünk el:

- Pont téma: egy ponttal meghatározható objektumokat, diszkrét észleléseket vagy következtetett adatok helyét jelöli (pl. fúrásponatok).
- Vonalas téma: lineáris elemek hosszát, lefutását, esetleg a tendenciákat mutatja be (pl. tektonikai elemek).
- Felület téma: valamely azonos tulajdonság térbeli lehatárolása (pl. felszíni földtani képződmények).
- Folytonos téma: egy számszerű tulajdonság eloszlását mutatja be, vektoros közegben izovonalas formában (pl. talajvízszint).
- Szöveges téma: valamely objektum neve, vagy más szöveges attribútuma.

A térképi adatbázis objektumainak fenti osztályozását a térképen megjelenő elemek geometriája természetes módon adja, és a geoinformatikai rendszerek adattárolása is erre a csoportosításra épül. Az adatbázis felépítésében, adattábláinak szervezésében természetesen nemcsak az elemek geometriája, hanem azok tartalmi osztályozása is fontos szerepet játszik. Azonos tartalmi kategóriába kerülő objektumok geometriája mindig azonos típusú. Az adatbázis hierarchikus rendbe szervezett adatait a digitális térképi állományban rétegek (fedvények, levelek, layerek stb.) szerint csoportosítjuk. Egy rétegre célszerű – sőt sok szoftverben kötelező – azonos geometriájú és attribútumú objektumokat szervezni. Ezek a rétegek tehát általában megfelelnek az adatbázis valamely tartalmi csoportjának, sőt ezen túlmenően a térkép egy-egy jelkulcsi kategóriájának, vagy annak egy részletének is. A rétegek alkalmazása mellett, hogy az adatokat átlátható rendbe szervezi, lehetővé teszi az objektumok megjelenítési hierarchiájának térképi ábrázolását is.

Az egyes adatosztályokból, rétegekből tetszőleges komplex tematika állítható össze (4.2. ábra).



4.2. ábra: Különbféle geometriájú adatosztályok együttes ábrázolása.

Csoportosíthatjuk a digitális földtani térképeket a tematika geoinformatikai keletkezése alapján is.

- Egyszerű térkép: hagyományos, kézi szerkesztéssel, digitalizálással és geoinformatikai rendszerbe illesztéssel létrehozott térkép.
- Levezetett térkép: egy már meglévő térképi adatbázis adataiból logikai és/vagy geometriai szabályok alapján származtatott térkép, pl. mérnökgeológiai térkép.
- Komplex térkép: több létező térképi adatbázis adataiból logikai és/vagy geometriai szabályok, illetve szabályrendszer alapján származtatott térkép.

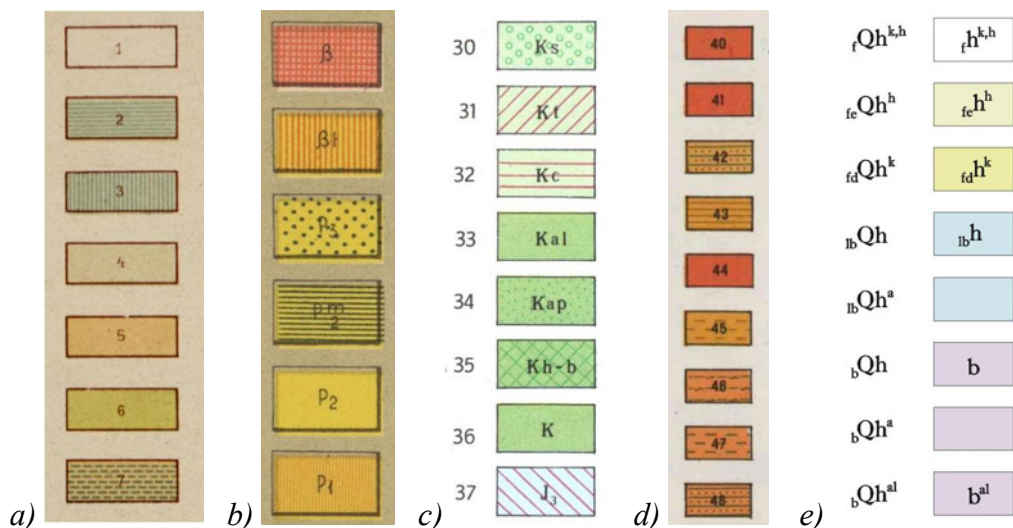
A tematikus térképek – és így a felszíni földtani térképek is – két részből épülnek fel: a tematikus ábrázolásból és a témát a környezetbe illesztő térképi (topo- vagy korográfiai) alapból (KLINGHAMMER – PAPP-VÁRY 1989). A felszíni földtani térképek esetében a tematika szempontjából legfontosabb topográfiai elemek a víz- és a szintvonalrajz, mert a földtani kép csak ezekkel együtt és velük összhangban értelmezhető. Zavaró lehet, ha például a hasonló földtani helyzet ellenére néhol a folyóvízi üledékben nem fut patak, másutt viszont a patak körül nincs üledék; ha a völgyi üledéket a domb tetején találjuk stb. A topográfia és a földtan összhangjának hiánya esetenként helytelen földtani kép közvetítését eredményezheti. A topográfiai alap tehát visszahat magára a tematikus tartalomra. Régi kéziratok, térképek új projektbe való beágyazását így a topográfiai háttér különbözősége is megnehezíti.

4.2.2. A jelkulcs – a földtani térképek ábrázolási elvei, kötöttségei

A földtani térkép valamennyi lehetséges jelkulcsi elemének bemutatása nem célja az értekezésnek, ezért jelen fejezet csak a fő tematika, a földtani képződmények ábrázolásával foglalkozik.

A tematikus kartográfia ábrázolási módszerei közül a felületi színezés kiválóan alkalmas felületi kiterjedésű objektumok akár minőségi, akár mennyiségi tulajdonágainak bemutatására (ARNBERGER, 1977). A földtani képződmények

egymástól elhatárolható felületi diszkrétumok, ezért térképi ábrázolásuk felületi módszerrel történik. A földtani tartalom sokrétűsége miatt a felületi színezés önállóan nem elegendő a képződmények legfontosabb ismérve, a minőség pontos bemutatására. Az egyes tematikus elemeket ezért a felületi szín, a felületi jel és az azt kiegészítő megírás komplex rendszere azonosítja (KLINGHAMMER – PAPP-VÁRY 1989). A gyakorlatban jellemzően a felületi színt és a kiegészítő megírás együttesét alkalmazzák, felületi jel pedig akkor szerepel a színen és a megíráson felül, ha az a térkép könnyebb megértéséhez szükséges (4.3. ábra).



4.3. ábra: Példák a földtani térképeken alkalmazott felületi ábrázolási módszerre, néhány térkép jelmagyarázata alapján: a) A Magyar Birodalom és a szomszédos országok határos területinek földtani térképe, 1: 900 000 (LÓCZY L. 1922). b) Magyarország földtani térképe és részlete, 1:300 000 (BALOGH et al. 1956). c) Magyarország földtani térképe, 1:200 000-es sorozat, L-33-XII-Veszprém lapja (SZENTES 1967). d) Magyarország földtani térképe, 1:500 000 (FÜLÖP et al. 1984). e) Magyarország földtani térképe, 1:100 000, 2005.

A képződmények elterjedésének színtelületekkel való ábrázolása egyidős a felszíni földtani térképek megjelenésével. Az ábrázolási módszert a földtanban azóta nemzetközi szinten is egységesítették (lásd 3.3. és 4.2.2. alfejezetek).

4.2.2.1. Felületi színek

A helyes színválasztás bármely tematika esetén nagy körültekintést igényel, mert a vonatkozási felület nagysága és a színek egymáshoz viszonyított helyzete sokszor jelentősen befolyásolják a színérzetet: például a piros szín lila mellett sárgásabbnak, sárga mellett kékesebbnek hat (ARNBERGER, 1977). Földtani térképek esetén nehézséget jelent, hogy a vonatkozási felület, vagyis az egyes képződményeket lehatároló foltok nagysága rendkívül változó, emellett az ábrázolandó képződmények, és így a felhasznált színek száma is általában magas. A színkulcs kialakításában, az adatok tudományos minőségű csoportképzésében minden esetben szükség van geológiai szaktudásra is. A színválasztást és a tematikus tartalom értelmezését nemzetközi standard segíti, ami egyben kötöttséget is jelent. Az egyes geológiai korok alapszínét meghatározó konvencionális, nemzetközi színskála a 2. fejezetben említett II. Nemzetközi Földtani Világkongresszuson elfogadott színkulcson alapul, annak az újabb tudományos eredményeket is tartalmazó, továbbfejlesztett változata (4.1. táblázat).

Földtani kor	Szín
neogén	sárga
paleogén	narancessárga
kréta	zöld
jura	kék
triász	lila
perm	sárgásbarna
karbon	szürke
devon	barna
szilur	világos szürkészöld
ordovícium	olajzöld
kambrium	sötét kékeszöld
proterozoikum	lilás rózsaszín
archaikum	rózsaszín

4.1. táblázat: A földtani korokhoz rendelt nemzetközi színstandard.

Az egyes képződményekhez azonban az adott projektben hozzá kell rendelni egy-egy konkrét színárnyalatot. Magyarország 1:100 000-es földtani térképe a

negyedidőszaknál idősebb képződményeket a nemzetközi színstandard színeivel, telített árnyalatokban ábrázolja, mert ezek a térképi felületi elemek általában kisebbek. A negyedidőszaki képződmények, amelyek általában nagyobbak, pasztell árnyalatúak, itt a színezés alapja a képződmények jobb elkülönítése érdekében a genetika⁴ (4.2. táblázat).

Negyedidőszaki képződmények genetikája	Szín
folyóvízi (fluviális)	halványkék
tavi (limnikus)	kék
mocsári	türkizkék
szélfújta (eolikus)	sárga
eluvium	lila
lejtőüledékek (deluvium stb.)	sárgásbarna
proluvium	világoszöld
antropogén	világosszürke

4.2. táblázat: A negyedidőszaki képződmények fő színei a Magyarország 1:100 000 földtani térképén (GYALOG L. 1996 nyomán).

A földtani térképeken bevett gyakorlat szerint Magyarország 1:100 000-es földtani térképén a színezésnek van egy harmadik főcsoportja: az intruzív, szubvulkáni és erősen metamorf vagy metasomatizált képződmények, amelyek esetén a szín az összetételt jelzi (4.3. táblázat).

Intruzív, szubvulkáni és erősen metamorf vagy metasomatizált képződmények	Szín
magmás savanyú	piros
magmás bázisos	zöld
ultrabázisos	lila

4.3. táblázat: Az intruzív, szubvulkáni és erősen metamorf vagy metasomatizált képződmények fő színei a Magyarország 1:100 000 földtani térképén (GYALOG L. 1996 nyomán).

⁴ genetika: a kőzetek egykori keletkezési viszonyait, körülményeit és környezetét tükrözi.

A térképen megjelenő színeket érdemes nyomtatott színminta alapján kiválasztani, hogy a nyomtatott, illetve nyomdai úton előállított térképünk színei és azok összhatása lehetőleg közel essen elképzeléseinkhez, és ne legyen szükség nagyobb utólagos korrekcióra. Erre alkalmas a Pantone-színskála⁵, amelyet a térképész szakmában általánosan használnak. Előfordul azonban, hogy ez a skála nem tartalmaz megfelelő árnyalatot, ez elsősorban a pasztell árnyalatoknál fordul elő, ilyenkor egyedi színeket keverünk ki. A képződményekhez rendelt Pantone-színt, vagy egyedi színt és annak százalékos összetételét (RGB⁶, CMYK⁷) adatbázis tartalmazza. A térképmű 2005-ös kiadásában szereplő színek összeállítása SÍKHEGYI F. és VIKOR ZS. munkája (nem publikált). Ez a színrendszer adatbázisban rögzített és az Intézetben azóta is használjuk. A földtani térképeken általában alkalmazható felületi színek és jelek rendszerére a projekt lezárását követően GALAMBOS CS. (2006) adott javaslatot.

4.2.2.2. Felületi jelek

A felületi jelek, sraffozások és minták a felületi színeket egészítik ki, azokkal együtt nyerik el jelentésüket. Földtani térképeken való alkalmazásuk régóta elterjedt, általában a képződmény összetételét és/vagy a kifejlődés jellegzetességeit mutatja. Célszerű, ha felületi jel rajzolata az eredeti szerkezet jellegét mutatja be, amennyiben ilyen megállapítható (GYALOG 1996). A mintázat kialakításánál és méretezésénél figyelembe kell venni, hogy annak a térkép olvashatóságát mindenképpen javítania kell. Nem zavarhatja sem a topográfiai háttérrel, sem a földtani tematikát és viszont. Nem veszhet el a topográfia és a tematika ábrázolásában, és ügyelni kell arra is, hogy a kis méretű felületeken a minta kivehető maradjon. Ez komoly térképészeti kihívást jelent.

⁵ Pantone színskála: Az amerikai Pantone Inc. által kifejlesztett standard színkeverési rendszer, amelyet a nyomdaipar hazánkban is általánosan használ.

⁶ RGB: Red, Green, Blue. Az additív színkeverés három alapszínének angol rövidítése.

⁷ CMYK: Cyan, Magenta, Yellow, Black. A szubsztraktív színkeverés négy alapszínének angol rövidítése.

A geoinformatikai szoftverek a felületi jel alkalmazását lehetővé teszik, elvileg tetszőleges felületi jel előállítható. A megvalósítás azonban sokszor nehézségekbe ütközik. A felületi jelek a szoftverekben kis méretű raszteres, vagy vektoros rajzok, amelyek a vonatkozási felületet csempékként töltik ki. Ez rendkívül megnöveli az adatmennyiséget, ami az állományokat nehezen kezelhetővé teheti, főként olyan térképek esetében, amelyeknek már maga a térképi adatbázisa is igen nagy. Ez volt például az egyik oka annak, hogy a Magyarország 1:100 000-es földtani térképének 2005-ös kiadásában nem használtunk felületi jeleket, bár a tervek elkészültek (kivételt ezalól a szikes területek ábrázolására használt ferde sraff jelentette).

A másik probléma a minták kialakításában abból fakad, hogy földtani térképeken a legtöbb felületi jelet a vonatkozási felületen egyenletesen súlyozva, de véletlenszerűen kell elszórni. Ezeket a „random” típusú csempéket úgy kell összeállítani, hogy a csempézési interferenciát elkerüljük. Jelenti ez egyrészt, hogy a csempehatáron a jelek folyamatosak maradjanak, másrészt, hogy nagyobb felületet kitöltve a csempehatárok az interferencia által ne váljanak láthatóvá, a felületi jelek képe egységes és egyenletesen súlyozott legyen.

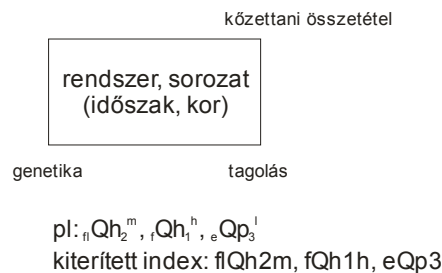
4.2.2.3. Megírás

A térképi ábrázolási módok közt a kiegészítő megírásokat taglalva ARNBERGER (1977) épp a geológiai térképeket emeli ki példaként azon típusokra, ahol a felületi színek jelentését betűkkel is kiegészítik. A betűk, esetleg számok kombinációja által a térkép könnyebben olvasható, és a színeket egyértelműbben be lehet azonosítani (ARNBERGER 1977).

A földtani képződmények térképi megírása az ún. földtani index, amely az ábrázolási módok közül a legpontosabban definiálja a képződményeket (térképi felületeket). Ezek egységes rendszerét 1992-96 között dolgozta ki az intézet GYALOG L. (1996) vezetésével, az 1992-ben indult új projekt, az Egységes Országos Földtani Térképrendszer – EOFT keretein belül, amelynek célja a földtani térképek egységesítése volt. A megelőző 10-15 év földtani térképezési szemléletét tükrözve az indexek rendszere a negyedidőszaki képződményeket a genetikájuk, a

negyedidőszakiaknál idősebbeket pedig a litosztratigráfia⁸, ezen belül a kőzettípus alapján rendszerezi. Az index központi, középső része, a főindex tartalmazza a földtani kort (kronosztratigráfiai besorolás), jobb alsó sarka a kor pontosítását. A többi földtani információ – pl. genetika, formáció, kőzettani összetétel stb. – a fennmaradó sarkokban kapott helyet rendszerezetten (GYALOG 1996). Az index felépítését a 4.4. ábra szemlélteti.

a) Negyedidőszaki képződmények



b) Negyedidőszaknál idősebb képződmények



4.4. ábra: A földtani indexek térképre kerülő, grafikus formájának felépítése (GYALOG L. 1996 nyomán).

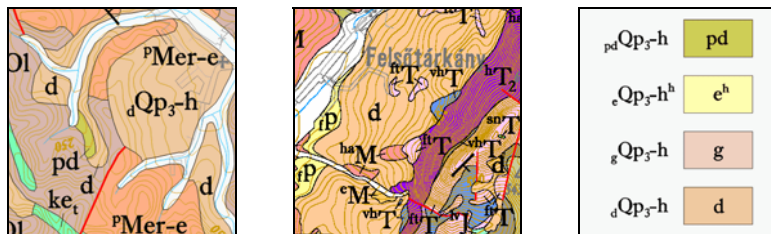
A földtani indexek rendszere egy egységes, az egész országra alkalmazható, különböző méretarányokban is felhasználható nyílt, vagyis továbbfejleszhető rendszer, amely szintén adatbázisba szervezett.

⁸ litosztratigráfia: kőzetrétegtan. A kőzettek egymáshoz való kontaktusát (települési viszonyait), térbeli kiterjedését vizsgálja.

A földtani indexek esztétikus és jól olvasható térképi elhelyezése több szempontból is nehéz feladatot jelent a kartográfusoknak:

- az index a képződmény összetettségének függvényében akár igen hosszú is lehet, ami nehézkessé teszi az értelmezést.
- a térképi vonatkozási felület mérete szélsőségesen változó: a hegyvidéki területeken gyakorta kicsi és az index egyszerűen nem fér bele, másutt viszont – főleg alföldi területeken – nagy kiterjedésű, így az indexet nehéz megtalálni.
- mivel a földtani index azonosítja legpontosabban az adott képződményt, és egy koron belül sok, hasonló színárnyalat szerepel, a térképen minden egyes felületi elembe kell, hogy index kerüljön. Kivételt képez ezalól a nagy kiterjedésű képződmény sok kis felszíni kibukkanása, ha a térképen nincs más hasonló képződmény a környezetében.

A térkép olvashatóságát javítandó a térképen az indexek rövidített formáját is használjuk – ennek képzési elveit szintén GYALOG L. (2004) határozta meg –, illetve az egymáshoz közeli, azonos minősítésű felületeket egy index jelöli több, a felületre mutató indextüskével. Indextüskét alkalmazunk ott is, ahol már a rövid index sem fér bele teljesen a földtani foltba. Ha egy mód van rá, kerülni kell, hogy az index és a tüske más azonos színű vonalon – például képződményhatár vagy koordinátaháló – áthaladjon. A nagy felületi elemek esetében pedig a többszöri megírás segíti a képződmények beazonosítását a kartografált térképen (4.5. ábra).



4.5. ábra: Példák a földtani képződmények megírására és rövid indexeire Magyarország 1: 100 000-es földtani térképén.

4.2.3. A technológiai rend kialakítása

A technológiai rend kialakítását, a térképészeti–geoinformatikai feladatok fázisait egy országos térképmű esetében vizsgáltam. Ekkor egy egylapos térképpel összehasonlítva már nemcsak a térképi adatbázis kialakítása és a kartografálás a feladatunk, hanem a folytonos adatbázis szelvényezését is meg kell oldanunk.

A térképi adatbázis létrehozása az adatok rögzítését, rendszerezését, ellenőrzését–javítását és megjelenítését foglalja magába. Az adatrögzítéssel jelen értekezésben nem kívánok mélyebben foglalkozni. Az adatok rendszerezését a térképi tartalomnak megfelelően, az adatbázisban előre kialakított objektumosztályok szerint már az adatrögzítés, digitalizálás során meg kell oldanunk, és természetesen később ellenőriznünk. Az ellenőrzés-javítás és megjelenítés fázisait a következőkben részletezem.

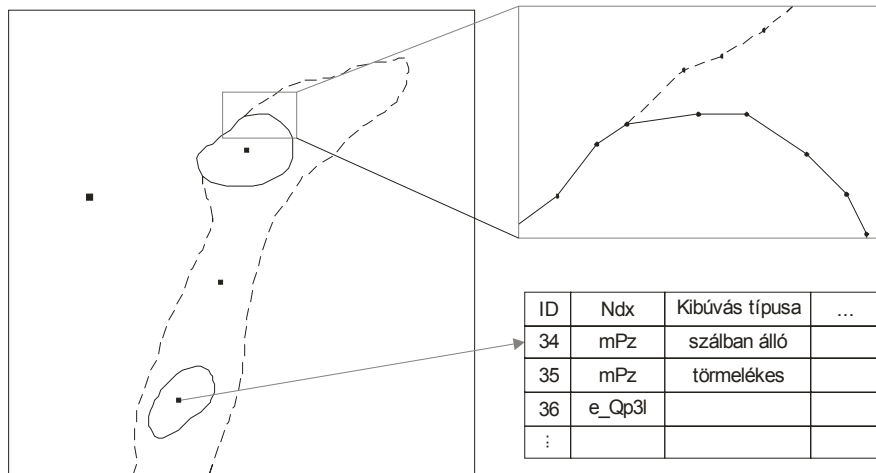
Elsőként szeretném áttekinteni az adatbázis kiépítésével kapcsolatos általános érvényű fogalmakat. Az adatbázis objektumai geometriájukat tekintve lehetnek:

- pont,
- vonal, vagy
- terület típusúak.

A térképi adatbázis legfontosabb tartalmi alkotóelemei a földtani képződményeket reprezentáló felületi elemek. Létrehozásukhoz szükségünk van a képződmény határvonalára és minősítésére, a kettő összességét vonalműnek hívjuk. A határvonalakat információ-technológiai okokból a geoinformatikai rendszerekben a méretaránytól függő, megfelelően kicsi, egyenes vonalszakaszokból, vonalláncokból kell felépítenünk, amelyek azonban a megjelenítéskor már görbének látszanak. A határvonalakkal körbezárt terület minősítését a föltba tett, általában pont típusú elemmel és annak attribútumával adjuk meg, ezek az elemek a centroidok (4.6. ábra).

Ahhoz, hogy az adatbázist használni tudjuk, vagyis elemzéseket, leválogatásokat, attribútum alapú megjelenítést végezzünk, szükségünk van az adatok topológiai modelljére, amely az objektumok geometriai kapcsolatait írja le. Az objektumok topológiai kapcsolatai közül a legfontosabbak: metszés, érintés,

magába foglalás (szigetalkotás), szomszédság, azonosság. A topológia alapfeltétele a geometriailag tiszta vonalmű.



4.6. ábra: A vonalmű felépítése és adatbázis-kapcsolata [ID: objektum azonosítója, Ndx: a földtani képződmény minősítése, Kibúvás típusa stb.: egyéb jellemzők].

Tiszta vonalmű esetén a vonalszakaszok hézagmentesen és átfedés nélkül illeszkednek egymáshoz, és minden lehatárolt felületnek van egyértelmű minősítése, tehát minden felületi elembe kell kerülnön centroid, de csak egy. A tiszta vonalmű alapján már létrehozható a topológia. Földtani képződmények ábrázolásakor a vonalak és centroidok alapján poligon topológiát építünk és ezáltal területi elemeket hozunk létre, amelyek már felületként jeleníthetők meg, és például kiszínezhetők.

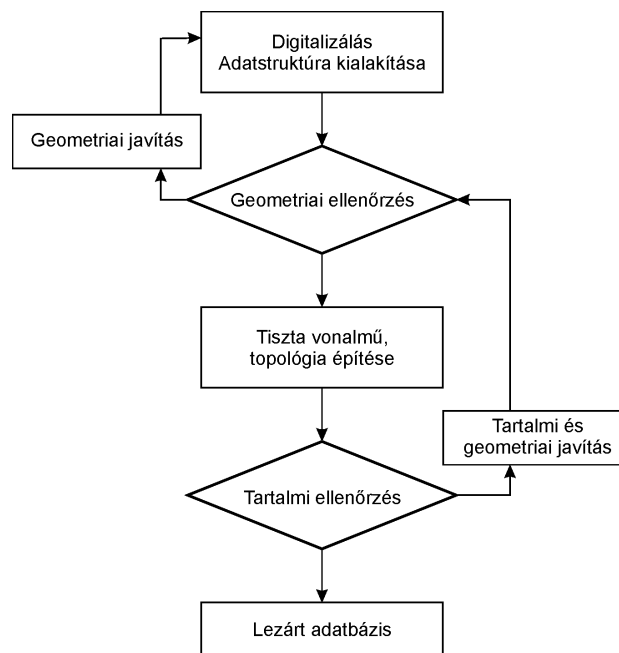
A teljes technológiai munkafolyamatot érdemes nagyobb egységekbe csoportosítani. A térképi adatbázis létrehozására és megjelenítésére a technológiai rendnek három szintjét különíttem el:

- szelvény szint
- térképmű (országos) szint
- kartográfiai szint.

Egy országos térképművet mindig kisebb területenként, sok esetben szelvényenként szerkesztenek, és a munkában több szerkesztő is részt vesz, így az

alapanyagok időben nagyon elszórtan állnak rendelkezésre. Ezért a geoinformatikai feldolgozás folyamatát két nagyobb lépcsőben végezzük: szelvény szinten, majd térképmű szinten.

A szelvény *szinten* egy-egy szelvény (vagy egyéb szerkesztési egység) kéziratának, illetve digitális alapanyagának összegyűjtése és digitalizálása, valamint a szelvény önálló feldolgozása történik az adatok geometriai és tartalmi ellenőrzésével (4.7. ábra).



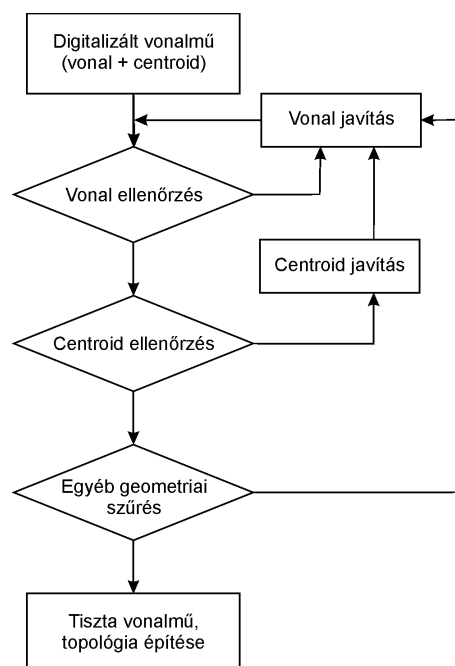
4.7. ábra: A szelvény szintű adatbázis létrehozásának főbb folyamatai.

A feldolgozás első lépéseként a geometriai ellenőrzés és javítás eredményeképp létrehozuk a tiszta vonalművet és felépítjük a topológiát. A topológia segítségével pedig ellenőrizhetjük a térkép tematikus tartalmát. A tartalmi hibák javítása szinte mindig maga után vonja a vonalmű változtatását. Nagyon fontos szabály, hogy javítás után mindannyiszor vissza kell térnünk a hibaellenőrzésre, amíg minden hibát biztosan ki nem javítottunk. A helyesbítést a tapasztalatok alapján nem a poligonokon, hanem az eredeti vonalművön végezzük, mert:

- poligonok geometriai szerkesztése (szomszédos felületi elemek határvonalának együttes mozgatása, vágás stb.) nehézkes,

- minden egyes javítás után szükséges a hibellenőrzés, amit a vonalművön tudunk hatékonyan elvégezni,
- a tiszta vonalműből a topológia és a poligonok újbóli előállítása nem jelent nagy gondot, és az előállítását számos automatizmussal is támogathatjuk,
- szelvényekről lévén szó, szem előtt kell tartanunk, hogy később a szomszédos szelvényeket össze kell „varrni”, ami vonalak és centroidok esetében könnyebb feladat.

A geometriai és tartalmi ellenőrzés főbb lépéseit érdemes részletesebben megvizsgálni. Az objektumok geometriájának ellenőrzésével célunk a tiszta vonalmű előállítása, a topológiaépítés lehetőségének megteremtése. Ehhez az objektumokat a tiszta vonalmű kritériumai (hézagmentes és átfedés nélküli vonalak, 1:1 felület–centroid kapcsolat) alapján kell megvizsgálnunk (4.8. ábra).

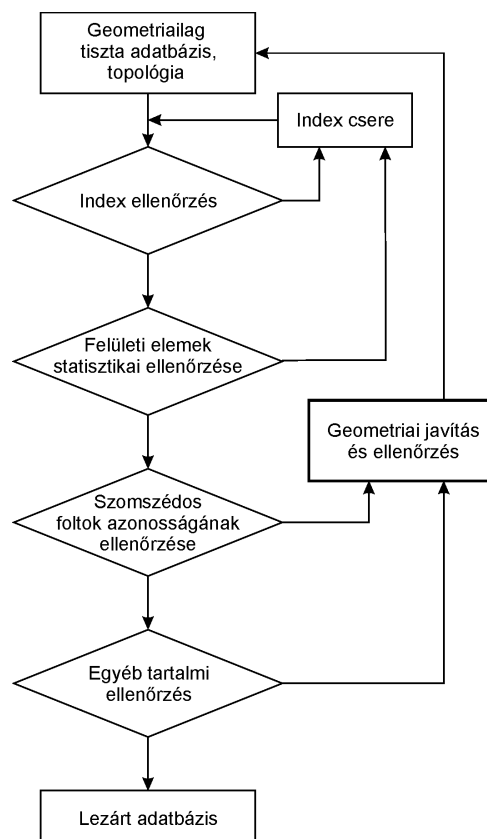


4.8. ábra: A vonalmű geometriai ellenőrzése.

A geoinformatikai rendszerek a vonalmű ellenőrzésére funkciók széles tárházát kínálják (vonalvégek másik vonalhoz viszonyított alul-, illetve túllövése; átfedések vonalszakaszok között; a vizsgálatok futtatása egy objektumosztályon belül, vagy több objektumosztály között; stb.). A folyamat fontos eleme, hogy bármilyen típusú

javítás általában a vonalak geometriájának változtatásával is együtt jár, ezért mindig vissza kell térnünk a vonalak geometriai ellenőrzéséhez. A geometriai hibáknak két típusát különíthetjük el: egy részük a digitalizálás során keletkezik, ezeket a feldolgozást végző saját hatáskörben, esetleg a kézirat felhasználásával könnyen kijavíthatja; más részük befolyásolja a geológiai tartalmat, és a szerkesztő geológus bevonását igényli.

Ha már rendelkezésünkre áll a tiszta vonalmű, az adatbázist még nem zárhatjuk le, hiszen a benne tárolt adatok információ-tartalmát is ellenőriznünk kell (4.9. ábra). Ehhez segítséget nyújt a földtani indexek standard azonosítási rendszere, amellyel ellenőrizhető, hogy az indexek szerepelnek-e az azonosítási rendszerben, szabályos-e a felépítésük, és érvényesek-e⁹.



4.9. ábra: A vonalmű tartalmi ellenőrzése.

⁹ Az index lehet érvénytelen is, ha például egy régen használt indexet azóta formailag átalakítottak, vagy átsoroltak.

Az egyes indexek ellenőrzésén túl végezhetünk statisztikai és szomszédossági tartalmi vizsgálatokat is. A felületi elemek statisztikai vizsgálatával, vagyis a szelvényen feltüntetett képződmények előfordulási gyakoriságának meghatározásával kiszűrhetőek azok a felületi elemek, amelyekből csak igen kevés számú szerepel a szelvényen. A tapasztalatok szerint a kevés számban előforduló indexek földtani jogossága sok esetben megkérdőjelezhető. Ezekben az esetekben feltétlenül szükséges a szerkesztő geológus döntése az esteleges átminősítésről. A szerkesztés és a digitalizálás során, de főként az indexek ellenőrzése utáni index-átminősítéskor előfordul, hogy szomszédos térképi foltokba ugyanolyan attribútumú centroid kerül. Ezeket a hibákat a topológia segítségével gyorsan és egyszerűen megtalálhatjuk. Javításukhoz szintén geológusi döntés szükséges. Az adatbázis jellegétől függően szükség lehet egyéb tartalmi ellenőrzésekre is, például a tektonika és a képződmények térbeli viszonyát illetően stb. Tekintve, hogy a tartalmi javítás szinte minden esetben geometriai változtatást is von maga után, szükséges az adatbázis vonalművének újbóli geometriai ellenőrzése legkésőbb akkor, amikor az összes tartalmi ellenőrzést és hibajavítást lefuttattuk. Ha a vonalmű tiszta és tematikus tartalma is megfelelő, az adatbázis lezárható.

Az adatbázis szelvény szintű felállítását követően rátérhetünk a *térképmű (országos szint)* feladataira. Országos térképmű esetén végső célunk a folytonos térképi adatbázis elérése. Ehhez az egyes szelvényeket, szerkesztési egységeket a laphatár mentén össze kell illeszteni. Nagy információtartalmú, országos térképművek esetén előfordulhat, hogy különféle megfontolásokból célszerű a szelvény és a térképmű szint közé egy közbülső, regionális szintet beiktatni (6.3. alfejezet). Jellemzően a regionális és a térképmű szint feladatai megegyeznek. Ebben a fázisban két fontos feladatot kell megoldanunk:

- *laphatár egyeztetés*: Az összeillesztett szelvények vonalművét az illesztési határokon egyeztetni kell mind geometriailag, mind tartalmilag. Az esetleges eltérések javításáról a szerkesztő geológusok döntenek. A geoinformatikai rendszerek rendelkeznek saját funkciókkal a laphatárok egyeztetésére, de a

fázis végén ismét szükséges a szelvény szinten alkalmazott geometriai ellenőrzés futtatása.

- *adatharmonizálás*: Az adatbázis folytonossá tétele mellett a másik feladatunk az adatharmonizálás, ami földtani térképen esetében a földtani képződmények minősítésének tartalmi és formai egységesítését jelenti. Mivel egy térképmű elkészítésében több szerző is dolgozik, előfordul, hogy ugyanazt a képződményt, vagy a térkép méretarányában egy csoportba sorolható képződményeket a szerzők nem teljesen azonosan írják le, tehát nem azonos indexszel látják el különböző lapokon, szerkesztési egységekben, illetve az egyes szerzők tartalmilag nem teljesen azonos mélységben készítik a kéziratot, néhol részletesebb, néhol elnagyoltabb a képződmények osztályozottsága. A probléma azonnal szembetűnik, ha a laphatár egyeztetésénél két eltérő minősítésű vagy nem illeszkedő képződmény áll szemben egymással. Ha az eltérés nemcsak az adott két felületi elemre vonatkozik, hanem koncepcionális szintű javítást kíván, a változtatás tovább gyűrűzik és esetleg más szelvényeket is érint. Nehezebb azonban észrevenni azokat a tartalmi eltéréseket, amelyekre a laphatáron nem derül fény. Segítségét itt területi statisztikák készítése nyújthat. Az index-statisztikák összevetésével tartalmi és formai eltérések is kiszűrhetőek. A javításról mindkét esetben a geológus dönt. Emellett a térkép szemrevételezése, illetve a területen előforduló képződmények listájának átnézése fedhet fel még problémákat. Végeredményként egy egységes azonosító rendszer szerint felépített, folytonos országos földtani térképi adatbázist kapunk.

A geometriailag és tartalmilag megfelelő, lezárt térképi adatbázis megjelenítése a következő munkafázis, ez a *kartográfiai szint*. Az adatok megfelelő megjelenítése azok értelmezéséhez nélkülözhetetlen. Az ábrázolás formája sokféle lehet, de térbeli információkról, összefüggésekről lévén szó, a legjobb forma a térképi ábrázolás. A végtermék kartografálásának megkezdése akkor optimális, ha már az egész adatbázist véglegesen lezártuk, mert a kartografált objektumok részben elszakadnak

az adatbázistól, és így az esetleges változások az elszakadt pontokon nem kerülnek fel automatikusan a végtermékre.

A kartografálás két nagyobb lépcsőben történik. Először kiválasztjuk a folytonos adatbázis térképre kerülő elemeit, és a jelkulcs szerint megjelenítjük őket (színek, vonalvastagságok, topográfia stb.), majd következik a térképmű szelvényezése. A szelvényezés során a következő lépéseket kell elvégeznünk:

- megjelenítés szintjén, a szelvénybeosztás alapján területi leválogatást végzünk az adatbázison;
- vannak olyan térképi elemek, amelyek ábrázolása nem oldható meg adatbázis szinten, mert a kartografálás során azok kényszerűen részben vagy egészben elszakadnak az adatbázistól. Ilyenek a tektonikai vonalak (lásd 6.4.6 alfejezet);
- végül a térképlap kereten kívüli adatait állítjuk össze, a jelmagyarázatot az adatbázis alapján az egyes szelvényekre vonatkozóan egyedien szerkesztjük meg.

Az elkészült kartografált szelvényeket minden esetben lektorálják. A lektorálás észrevételeit az adatbázisban javítjuk, majd újra elvégezzük a feldolgozás ellenőrzéseit. A javításokat aztán átvezetjük a kartografált térképekre is. A kartografálás folyamatát a 6.4. alfejezetben részletesebben is elemzem.

A technológiai rend alkalmazása során ismétlődő feladatok lehetővé teszik algoritmusok, automatizmusok felépítését, amelyek jelentősen gyorsíthatják és egyszerűsíthetik munkánkat, emellett biztosítják az adatbázis és a kartografált térkép tartalmának azonosságát. Az algoritmusok használatát az adatbázis építésénél és kartografálásánál alkalmazott standardok segítik, mint például a földtani index egységes azonosító rendszere; a konvencionális és adatbázisban rögzített, képződményeket jelölő színek. A munkám során több algoritmust is felépítettem, amelyeket a 6. fejezetben ismertetek.

5. A földtani térkép geoinformatikai háttere

Korábban a térkép (papírtérkép) egyszerre töltötte be az adatmegjelenítés és az adattárolás szerepét. A digitális, geoinformatikai technológiában a hangsúlyok eltolódtak: itt az analóg térképnek már csak megjelenítő funkciója van. Az adatok közreadása, értelmezése során a térkép igen fontos, a térbeli viszonyok és vonatkozások mással nem pótolható eszköze (HARKÁNYINÉ 2003). A digitális technika térhódításával a papírtérkép funkcionalitása bár csökkent, és a digitálisan generált, gyorsan előállítható térképek sokhelyütt a megjelenítésben (pl. döntéselőkészítés, web) is felváltották a klasszikus térképet, az információközlésben betöltött szerepe azonban a térképolvasók legszélesebb rétegében ma is kizárólagos, vagy legalábbis döntő jelentőségű.

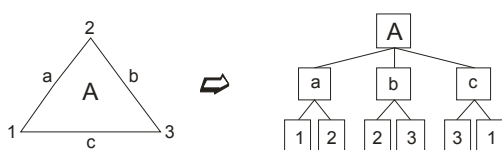
A földtudományok, köztük a földtan is helyfüggő információkkal foglalkoznak, klasszikus térbeli adatszolgáltatók. A digitális technika jóval több információ tárolását teszi lehetővé, mint amit egy ember egyszerre befogadni és átlátni képes. Ezért az adatok értelmezéséhez szükség van azok szelektálására és megjelenítésére. Az adatok digitális tárolása és ábrázolása lehetővé teszi több térképi paraméter szabad megválasztását és változtatását, mint pl. a terület, a méretarány, a jelkulcsi elemek stílusa vagy a tematika komplexitásának szintje. Emellett a megjelenési forma, a végtermék típusa is sokféle lehet: papír térkép, CD-s alkalmazás, interaktív webes térkép stb.

A térképi adatbázis elsődleges tartalmi összetevője a „hol milyen képződmény / jelenség van”, vagyis a legmagasabb rendező a hely. Ehhez kapcsolódnak a járulékos, leíró adatok, mint – földtani térképek esetében – a kor, megnevezés, fúrásnál mélység stb., amelyeket helyük alapján tetszőlegesen összekapcsolhatunk, elemezhetünk, megjeleníthetünk.

5.1. Adatmodellek

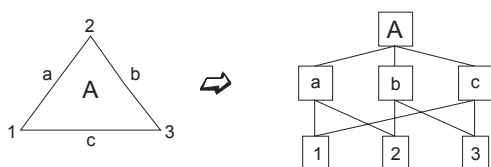
A geoinformatikai rendszerek a valóság objektumait, azok tulajdonságait, összefüggéseit modellezik. Az adatmodellek nem az objektumok leképezésével, hanem azok típusaival és kapcsolataival foglalkoznak. Az adatmodelleknek négy fajta rendszerét különböztetjük meg (DETRÉKŐI–SZABÓ 2008):

- *hierarchikus modell*: az első adatbázis-kezelők adatmodellje. Hierarchikus alá- és fölérendeltségi viszonyokkal a valóság számos problémája modellezhető. A rendszer különböző logikai szinten lévő rekordok közötti kapcsolatokat kezel. Egy logikai rekord tartalmazza az alatta lévő szintekre vonatkozó közös információkat. Ezt a struktúrát faszerkezetnek is nevezik, bármely elemét logikailag csak egy úton lehet elérni (5.1. ábra). A bennük való keresés gyors, de csak az adatszerkezet által meghatározott keresések végezhetőek.



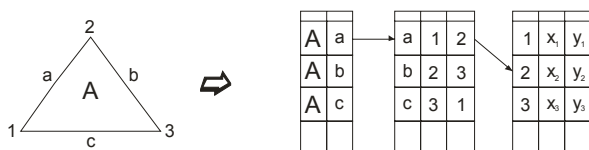
5.1. ábra: A hierarchikus modell.

- *hálózatos modell*: az adatmodellek következő generációja, bonyolultabb adatszerkezetek kezelésére alkalmas, a hierarchikus modellel ellentétben a pont- és vonalelemeket csak egyszeresen tárolja, kapcsolataikat kereszthivatkozásokkal biztosítja (5.2. ábra). Az adatok közötti összefüggéseket ismerő felhasználó hatékonyan tud dolgozni az adatbázissal, de ezen felhasználók köre általában kicsi.



5.2. ábra: A hálózatos modell.

- *relációs modell*: napjainkban a legelterjedtebb adatmodell, az adatokat táblázatokban tárolja, és a tárolt adatok közötti relációs kapcsolatokat kezeli. Az egyes geometriai építőelem-típusokat és az objektumok tulajdonságait önálló táblák tartalmazzák, amelyek a megfelelő azonosítón keresztül kapcsolatban vannak egymással (5.3. ábra). A táblázatos szerkezet a hétköznapi felhasználókhöz közel áll. A relációs adatmodell a geoinformatikai rendszerekben általánosan alkalmazott modell.



5.3. ábra: A relációs modell.

- *objektumorientált modell*: a valóságot leképező adatokon kívül a velük végezhető műveleteket is tartalmazza. Legkisebb modulja az objektum, az azonos tulajdonságú objektumok objektumosztályt alkotnak. Ezek hierarchiába szervezhetők, és így minden alosztály örökölheti a felette lévő objektumait és a rajtuk végrehajtható műveleteket.

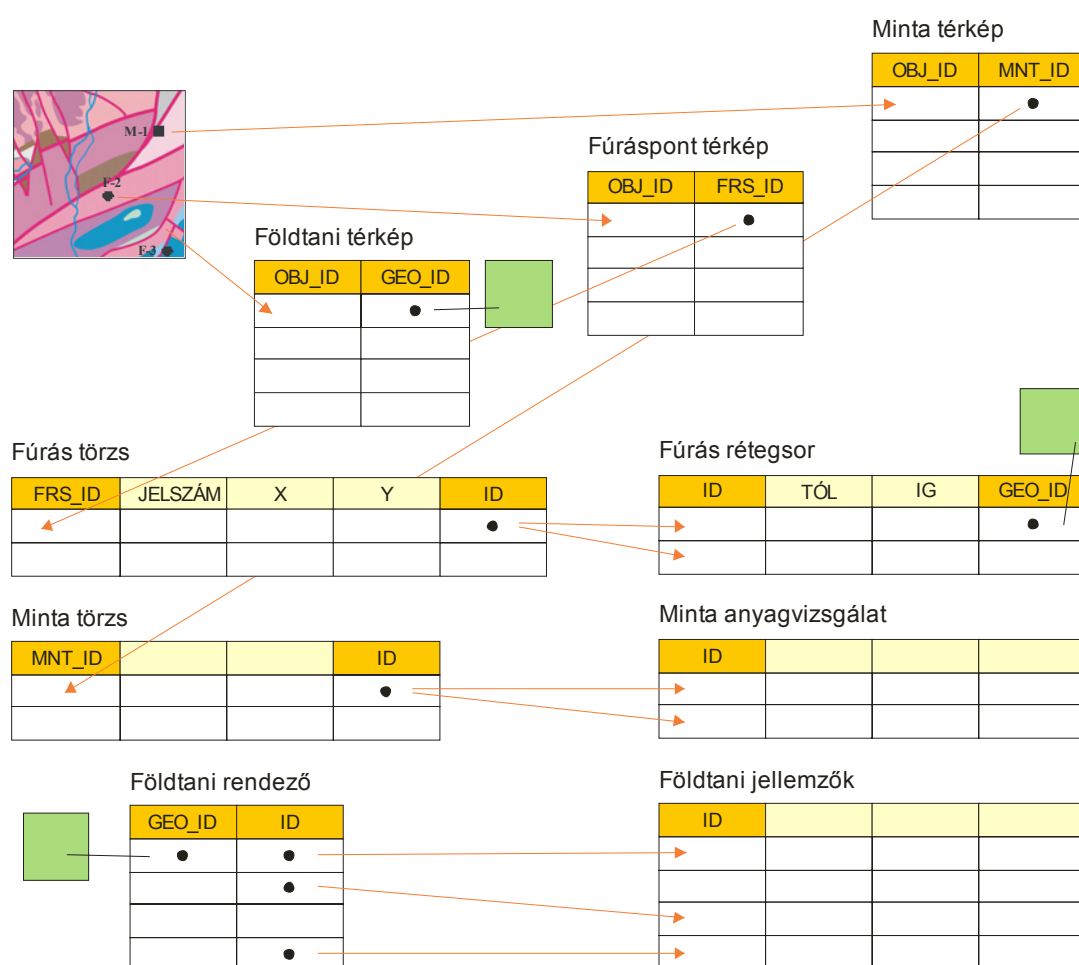
A gyakorlatban több hibrid modell is létrejött, amelyek lehetőséget teremtenek a relációs adatbázisok objektumorientált jellegű kezelésére.

5.2. Adatbázis-rendszer

Az Intézetben alkalmazott geoinformatikai rendszerek relációs adatbázisokat kezelnek. Az adatbázisok rendszerében a tematikus, földtani adatokat és a hozzájuk kapcsolódó információkat projekt adatbázisok tartalmazzák. A földtani téradatokat geoinformatikai célú felhasználásához szükséges volt egy központi adatbázist is létrehozni, a „Geobank”-ot (TURCZI 2000), amely az egyes projekteken átívelő, általánosan használt adatokat fogja össze, mint pl. a fúrási adatbázis, vagy a földtani

egységek adatbázisa, de ide tartozik a térképek megjelenésére vonatkozó kartográfiai információk adatbázisa is.

Az adattáblák összekapcsolása, vagyis az adott feladatnak megfelelő relációk létrehozása útján megfogalmazhatók különböző lekérdezések, kigyűjthetjük például egy kiválasztott szelvény képződményeinek nevét, meghatározhatjuk sorrendjüket a jelmagyarázatban, de az egyes képződmények színének összetételét is kiolvashatjuk. A relációs adatbázis egyszerűsített szerkezetét az 5.4. ábra mutatja be.



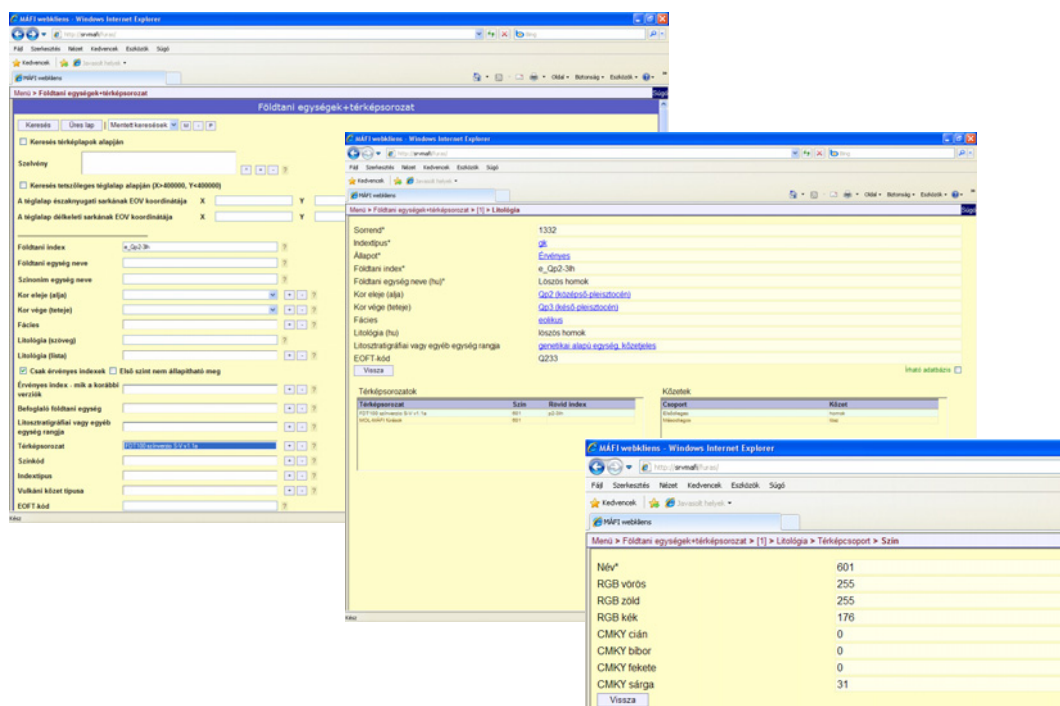
5.4. ábra: A Geobank szerkezetének vázlata (MAIGUT–VIKOR 2005).

[OBJ_ID: objektum azonosítója, GEO_ID: képződmény geológiai azonosítója, FRS_ID: fúrás azonosítója, MNT_ID: minta azonosítója, ID: egyéb tematikus azonosító]

5.3. A kartográfiai adatbázis

Adatbázis háttérű térképek esetén a standard azonosítási rendszer felállítása mind tartalmi (geológiai), mind informatikai oldalon szükséges előfeltétele a minőségi munkának. Ezek a standardok növelik a kölcsönös megértést a felhasználók között, egyszerűbb adatintegrációt tesznek lehetővé, könnyebb az adatok utólagos összefésülése, ellenőrzése, egységesítése, és csökkentik az adatcserénél felmerülő technikai problémákat.

A kartográfiai adatbázis két fő alkotója a földtani indexek adatbázisa, amely a megírások rendszerét tartalmazza, és a színadatbázis, amely a felületi színek rendszerét tartalmazza. Az adatbázis lehetővé teszi, és egyben biztosítja, hogy az Intézetben készülő térképek mind tartalmilag, mind megjelenésüket tekintve egységes elvek alapján készüljenek. A kartográfiai adatbázis az Intézet intranetén elérhető (5.5. ábra), és a munkatársak az egyedi kezelőfelület segítségével könnyen lekérdezhetik, használhatják.



5.5. ábra: A kartográfiai adatbázis kezelőfelülete az Intézet intranetén.

A földtani indexek adatbázisáról GYALOG et al. (2004) adnak részletes leírást. Jelenleg az adatbázis több mint 5200 indexet tartalmaz, amelyből mintegy 3900 érvényes. Magyarország 1:100 000-es földtani térképén ebből majd 700 szerepel. A földtani index térképre kerülő formája alsó és felső indexeket is tartalmaz, amely formátumot azonban az adatbázisok nem támogatják. Szükséges volt tehát létrehozni az indexeknek egy az adatbázis számára értelmezhető, ún. kiterített formáját is, amely megfelelő szabályok alapján, sorba fejtve tartalmazza az index elemeit (lásd 4.5. ábra). Ez az adatbázis az indexeken kívül számos más földtani információt, mint például a rétegtani egység nevét, közzétani leírását, valamint járulékos információt is tárol, mint például a képződmények időbeli sorrendje, érvényessége, első előfordulása stb.

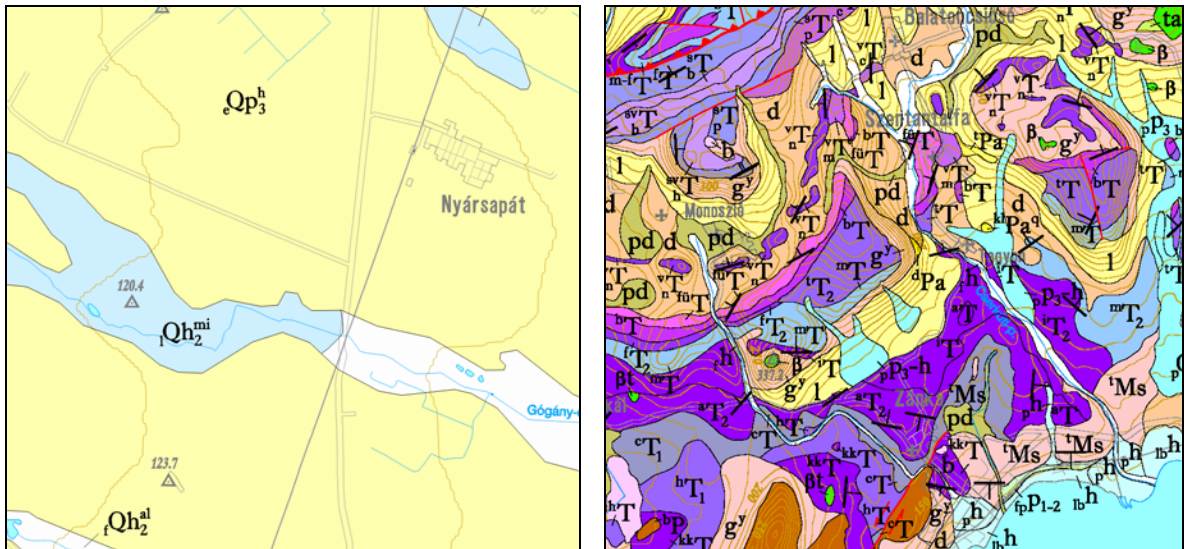
A földtani indexek adatbázisa az indexeken keresztül kapcsolódik a kartográfiai adatbázis másik fő alkotójához a színadatbázisoz. Ez a színek azonosítója és összetétele (RGB, CMYK) és ha van, Pantone-kódja mellett tartalmazza azt is, hogy az egyes képződmények melyik térképen (kiadványban) milyen színnel szerepeltek, így lehetőségünk van egy már elkészült térkép színvilágának egyszerű adaptálására.

5.4. Adatsűrűség

A geoinformatikai rendszerek lehetővé teszik, hogy az adatokat tetszőleges méretarányban jelenítsük meg. Természetesen az adatok megbízható pontosságú és jól értelmezhető ábrázolása már csak egy adott méretarány-tartományban valósítható meg. Így a méretarány-függetlenség legfeljebb csak a digitális adatbázisra vonatkozhat, a megjelenített végtermékre nem (HARKÁNYINÉ 2003).

Digitális adatbázisok esetében a méretarány helyett az adatsűrűség fogalmát használhatjuk, mert ez határozza meg, hogy milyen méretarány-tartományban ábrázolhatjuk helyesen és észszerűen az adatbázis adatait. Az adatsűrűséggel szoros összefüggésben van a vonalmű generalizáltságának foka is, amely szintén az észszerű ábrázolás egyik meghatározója.

Az egész országot magába foglaló földtani térkép esetében azonban nem is olyan egyszerű megmondani, mekkora adatsűrűség szükséges az 1:100 000-es méretarányú térképi megjelenítéshez. A síksági és hegyvidéki területek földtani tagoltsága ugyanis lényegesen eltérő (5.6. ábra). Emiatt különösen nagy hangsúlyt kap a térképi tartalom optimalizálása, nemcsak a rajzi megjeleníthetőség, de az azonos mélységű geológiai tartalom szempontjából is.



5.6. ábra: Egy síksági és egy hegyvidéki terület azonos méretű térképkivágata. (Magyarország földtani térképe, 1:100 000, 2005)

6. A térképi adatbázis-építés és a kartografálás automatizációja

A térképek előállítása a tervezés–szerkesztés–kivitelezés folyamatának utolsó szakasza, és egyben a térképészek legnagyobb feladata egy projekt során. Egy GIS alapú rendszerben ez az adatok digitalizálását, strukturálását, geoinformatikai feldolgozását, a térkép kartografálását és tudományos, illetve szerkesztői ellenőrzését és korrektúráját jelenti.

A Magyar Állami Földtani Intézet a geoinformatika hazai alkalmazásának egyik első műhelye volt, és azóta is fontos szerepet tölt be, főként a tudományos felhasználás területén. A kezdetektől alkalmazott geoinformatikai rendszer az Intézetben az MGE volt. Az Intézet 2007 derekától kezdődően fokozatosan áttért egy másik piacvezető szoftver, az ArcGIS használatára. Az újonnan induló projektek térképei már ebben készülnek. Tekintve, hogy az Intézet több évtizedes munkájának termékei vannak MGE-rendszerben, az archív adatok konverziója most is zajlik.

A térképi adatbázis-építés és a kartografálás egyes munkafolyamatainak automatizációját Magyarország 1:100 000-es földtani térképe készítése során valósítottam meg.

6.1. Magyarország földtani térképe 1:100 000

6.1.1. A koncepció

A kartográfiai értelmező szótár szerint a szelvényezett térképmű térképszelvények sorozata, amelyeket egy összefüggő terület ábrázolására készítenek. “Sajátosságai: egységes szelvénybeosztás, módszeres szelvényjelölési rendszer, egységes jelkulcs-összeállítás, egységes (térképi) vetület és az egész műre vagy meghatározott térképterületre egységes (lineáris) méretarány” (FÖLDI 1974).

Az egységességet MÁRTON M. (1998) bár az atlaszok esetében taglalta, megállapításai érvényesek térképművekre is. Az egységességnek így érvényesülnie kell az előzőeken túl a belső tartalom logikus felépítésére, a kivétel egyöntetűségére is. Ennek az egységességnek azonban korlátai vannak, hiszen a térképművet több szerkesztő készíti, sőt a hosszú átfutási idő miatt szemlélete is folyamatosan változhat. Ezek a korlátok az adatok teljességére is hatással vannak. Cél, hogy a térkép minden, méretarányának és a tematika adott mélységű ábrázolásának megfelelő objektumot, valamint az objektumok valamennyi szükséges attribútumát tartalmazza. Földtani térképek készítésénél a teljesség biztosítása elsősorban a geológus szerkesztők feladata, de a kartográfusok a térképi adatbázis ellenőrzésével, statisztikai elemzésével nagyban segíthetik munkájukat.

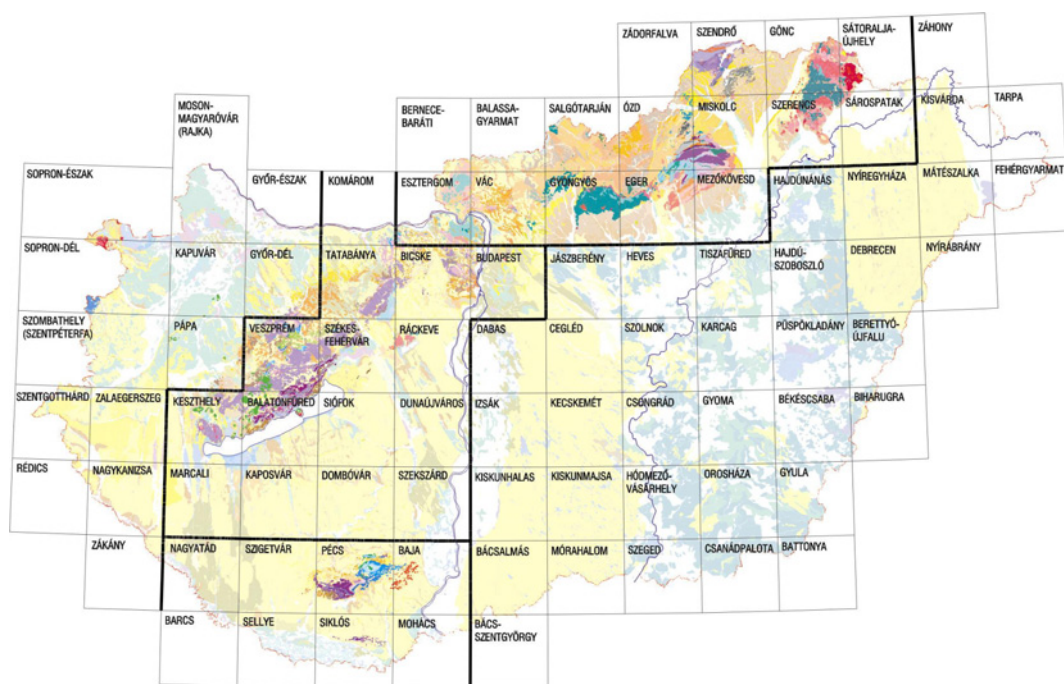
Mint minden térkép szerkesztésénél, a tárgyalt térképmű esetében is fontos feladat a szerkesztési elvek megfogalmazása. Tulajdonképpen három egyszerűnek látszó kérdésre keressük a választ: mit, kinek, hogyan?

A Magyar Állami Földtani Intézet Egységes Országos Földtani Térképrendszerek (EOFT) projektjén belül, 1997-ben döntött egy olyan földtani térképsorozat létrehozásáról, amely Magyarország teljes területének földtani viszonyait mutatja be 1:100 000-es méretarányban (EOFT 100). A sorozat első tagja a felszíni földtani képződményeket ábrázoló térképmű, amely a tematikát egységes jelkulccsal, az Egységes Országos Vetületrendszerben (EOV) mutatja be, de a hagyományokhoz igazodva Gauss-Krüger szelvényezéssel, szigettérkép jellegűen (GYALOG et al. 2003). Egy ilyen volumenű térképmű megalkotása komplex, interdiszciplináris feladat, nemcsak a geológia, hanem a térképészet és a geoinformatika eredményeit, módszereit is felhasználja. Számos geológus és térképész majd évtizedes munkájának eredményeként született meg az Intézet első, az egész országot lefedő, adatbázis háttérű térképműve, amely térképi adatbázisának építése és feldolgozása, a geoinformatikai-térképészeti munka irányítása 2002-től az én feladatom volt. A térképmű egyik lényeges kiindulási eleme lett az Intézet „Magyarország földtani térmodellje” projektjének (lásd 4.1. alfejezet).

Az eddigi földtani ismereteket összefoglaló térképmű – tematikájából adódóan is – szakmai közönségnek, kutatói használatra készült, a geológusi munkát segítő alaplomú, amely magában hordozza levezetett térképek és elemzések lehetőségét.

A projektben a geoinformatika eljárásainak, munkamódszereinek alkalmazásával adatbázis háttérű térképek készültek. Mivel a térképek hagyományos, nyomtatott formában is megjelentek, szükséges az adatbázis kartografálása, vagyis az adatok vizualizációja, “térképszerű”, esztétikus megjelenítése.

1:100 000-es méretarányban 92 db Gauss-Krüger szelvényezésű térképlap fedi le az ország teljes területét. 4 töredéklapot azonban a szomszédos laphoz csatoltunk, így a térképmű összesen 88 térképlapból áll (6.1. ábra).



6.1. ábra: Magyarország 1:100 000-es földtani térképeinek szelvénybeosztása és feldolgozási régiói.

A topográfiai alap az MH Térképészeti Hivatal DAT50 állománya alapján az intézetben készült el, az 1:100 000-es méretarány és a földtani tematika által támasztott kívánalmak figyelembe vételével.

6.1.2. Szerkesztési alapanyagok

A tematikus adatok összegyűjtése, integrálása nemcsak geológiai oldalról, de a vetületi rendszert, a topográfiai háttérrel tekintve is nagy feladatot jelentett a szerkesztőknek. A térképlapokat a tematikus szerkesztési alapanyagok szerint két részre oszthatjuk: egyes területekről már rendelkezésre álltak 1:100 000-es méretarányú térképlapok, másutt viszont részletesebb alapanyagokból kellett kiindulni.

Az ország két alföldi területéről, az Alföldről és a Kisalföldről már korábban készült ilyen földtani térkép, így ezeket “csak” integrálni kellett a létrehozott topográfiai és jelkulcsi rendszerbe. A Kisalföld esetében a problémát tovább nehezítette, hogy ott a meglévő térkép vetületi rendszerét is át kellett alakítani (GYALOG et al. 2003). A Kisalföld 1:100 000-es földtani térképsorozata 1983-90 között készült 1:25 000-es felvételezés és kézifúrás-háló alapján. A földtani változat mellett más tematikákban is készültek lapok. Nyomtatásban 4 terület atlasza jelent meg, a többi kéziratban maradt. A Kisalföld földtani térképsorozatához kapcsolódó Zalai-dombság földtani térképei, amelyeket szintén a kisalföldi szerzők szerkesztettek, már az EOFT100-as projektbe tagozódva jelentek meg. Az Alföld Földtani Atlasza 1:200 000 szintén több változatban készült. Szerkesztési méretaránya 1:100 000, de ebben a méretarányban csak a Szolnok nevű lap jelent meg. A többit a kezelhetetlen lapméret miatt 1:200 000-re kicsinyítve adták ki. Legtöbb térképén csak negyedidőszaki képződmények szerepelnek, a jelkulcs felületi jelet is tartalmaz a szikes területek ábrázolására.

A hegyvidéki területek térképeit a projekt keretein belül, a rendelkezésre álló nagyobb méretarányú térképekből vezették le. Ezeknek nemcsak méretaránya (1:10 000, 1:25 000, 1:50 000), hanem jelkulcsa, vetülete és felvételi vagy megjelenési időpontja is igen változó, a dél-dunántúli terület szerkesztése például a projekt keretein belül zárul le. A szerkesztőknek tehát inhomogén, különböző földtani forrásokból származó adatokat kellett feldolgozni, összekapcsolni, egységesíteni és összefésülni.

6.2. Az automatizációs alkalmazás

A térképkészítés során felmerülő feladatokra a geoinformatikai szoftverek természetesen a legtöbb esetben hatékony megoldásokat kínálnak, de előfordul, hogy a felhasználónak kell egyedi módszereket találnia, főként a kartografálás munkafázisában. Amellett, hogy a beépített modulokat a kidolgozott technológiai sor szerint felhasználjuk – például több tematika összevetése, térbeli lekérdezések megfogalmazása stb. – az adott feladat elvégzéséhez vagy egyszerűsítéséhez, gyorsításához gyakran szükség van kiegészítő fejlesztésekre is. Ezek az alkalmazások kimondottan a geoinformatikai-térképészeti munkafolyamatokat támogató célprogramok, amelyek a geoinformatikai rendszerek eljárásait vezérlik, adataikat készítik és felhasználják. Az automatizmusok kialakítását a geoinformatikai rendszerek sokféleképp támogatják. Általánosan elmondható, hogy funkcióik elérhetők ún. parancs módban, vagyis a parancsok és azok paramétereinek begépelésével, ami lehetőséget ad bármilyen utasítássorozat (batch) futtatására. Ezt a felületet használtam fel az automatizmusok alkalmazására. A parancs üzemmód mellett a szoftverek különböző mértékben kínálnak más lehetőségeket is arra, hogy munkánkat felgyorsítsuk: például programon belüli scriptek írása, egy-egy folyamat többszöri futtatása felhasználóbarát felületek segítségével (batch grid), munkafolyamatok egészének vagy részének modellezése.

Nemcsak a geoinformatikai feldolgozás, de a kartografálás egyes lépései is automatizálhatók, főként térképművek, térképsorozatok esetében, amikor az adott területet több szelvény mutatja be. A szelvények ugyanis ugyanazon adatbázis részei, kartográfiai jellemzői egyformák és formai kivitelezésük is ugyanazon elvek alapján történik. Ezek az azonosságok teszik lehetővé, hogy az egyes folyamatokra automatizmusokat építsünk fel. A feladat tehát az adatbázis-építés és a kartografálás folyamatának általános elemzése után, az adott szoftver-környezetben a konkrét munkafolyamatok automatizálható lépéseinek kijelölése, és a kiegészítő alkalmazás létrehozása volt. Kutatói munkám során több algoritmust alakítottam ki Visual Basic felületen, amelyek a geoinformatikai feldolgozás és a kartografálás folyamatában számos lépés automatizálására megoldást jelentenek, mint:

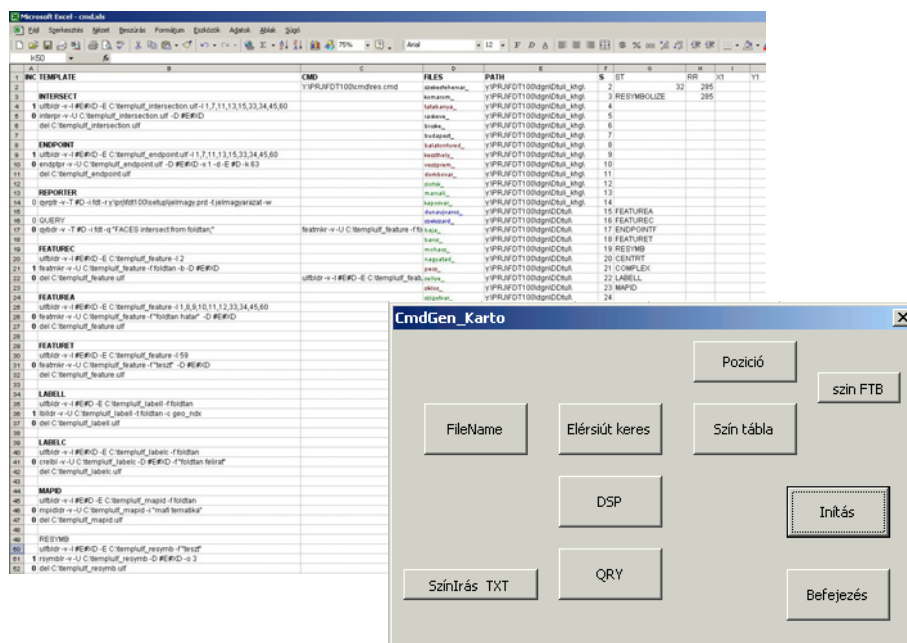
- hibellenőrzés,
- a térképi adatbázis építése,
- a térképi adatbázis szelvényenkénti leválogatása,
- a képződmények kartografálási jellemzőinek leválogatása a kartográfiai adatbázisból,
- a térképhez színelcs rendelése,
- az adatbázis kiterített indexéhez grafikus indexek rendelése
- egyedi jelmagyarázat elkészítése a szelvényekhez.

A program egy általános részt szolgáló modulja (CmdGen) TURCZI G. munkája nyomán a projekt kezdetekor már a rendelkezésre állt. Erre az alapra építettem rá az adatbázis-harmonizációt támogató alrendszert, ill. a kartografálási műveleteket automatizáló modult. A program alapvetően arra épít, hogy egy általánosan paraméterezett parancsot adatbázisban rögzített paraméterekkel aktualizál és kötegelte feldolgozást készíti elő. Az alkalmazás neve: CmdGen_Karto (command generator kartografálási modul). A program kétféle problémakört kezel:

- egyrészt vezérli a szoftver eljárásait, vagyis megfelelő formai keretet biztosítva a felhasználó által megfogalmazott parancsokat olyan rendbe szervezi, amelyet a geoinformatikai rendszer fogadni tud. Jelentősége, hogy egyszerre több folyamat is futtatható, illetve a különböző térképlapok (adattárolási egységek) egyidejű, csoportos feldolgozása is lehetséges. Ide tartoznak például a hibakeresés, az adatbázis kialakítása.
- másrészt önálló eljárásokat tartalmaz, amelyek a szoftvert kiegészítik. Ide tartoznak például a színelcs hozzárendelése a térképhez adatbázis alapján, vagy a jelmagyarázat elkészítése.

Az alkalmazást az adott munkafázisnak megfelelően használjuk a kívánt munkafolyamat(ok) kiválasztásával, és azok aktuális jellemzőinek beállításával (6.2. ábra). Az alkalmazás nyitott, tetszőlegesen bővíthető, a felhasználó bármennyi és bármilyen parancsot megfogalmazhat, és az adott feladat szerint szabadon paraméterezhető. A térképészeti–geoinformatikai munka menete így jelentősen felgyorsul és egyszerűsödik. A módszer további előnye, hogy egyben dokumentálja

is az elvégzett műveleteket, és így az egyes feldolgozási egységek állapota egyszerűen nyomon követhető.



6.2. ábra: A CmdGen_Karto alkalmazás.

6.3. Geoinformatikai feldolgozás

A geoinformatikai feldolgozás magába foglalja a digitalizált térkép hibáinak feltárását és javítását, illetve a tiszta adatok adatbázisba illesztését és feldolgozását. A hibaellenőrzés mind technikai, mind tudományos síkon tartalmaz interaktív és automatikus lépéseket. A földtani képződmények ábrázolási módszere alapvetően egyszerű: egymáshoz illeszkedő, diszkrét felületek egyértelmű minősítéssel. Ez azt jelenti, hogy olyan tiszta vonalműre van szükségünk (felülethatároló vonalak + centroidok), amelyben a lehatárolt területek és minősítésük egyértelműek, tehát minden felület határvonala geometriailag tiszta, és minden felületi elemnek van minősítése, de csak egy. Bár a hibák megkeresése a rendszer jellegéből adódóan automatikus, kijavításuk azonban nagyrészt manuálisan történik, és sokszor a szerkesztő geológus segítsége is szükséges hozzá. Bármely térképnél, de egy térképmű esetén, amikor az egyes szerkesztési egységek készültségi foka jelentősen

eltérhet egymástól, különösen igaz, hogy a tiszta adatbázis technikai felállítása nem jelenti azonnal a tartalmi adatok véglegességét. Ezért a tartalmi szerkesztés lezárulásáig többször is elő kell álljon a tiszta vonalmű, ami indokoltá teszi az automatizmusok kiépítését az adatbázis kialakítására és ellenőrzésére is.

A szoftveres hibakeresésnek érintenie kell továbbá az adatok tematikus tartalmát, amelyet a térképi adatbázis lekérdezésével vizsgálunk: vannak-e egymás mellett azonos minősítésű felületi elemek; melyek a kevés számban előforduló képződmények és ezek jogosak-e, vagy érdemes inkább más kategóriába sorolni őket; vannak-e a térképen olyan kicsi felületi elemek, amelyek az adott méretarányban már nem olvashatóak, és ha igen, földtani jelentőségük miatt szükséges-e az ábrázolásuk, vagy éppen el kell hagyni őket; a térképen előforduló indexek megfelelnek-e az egységesített indexek képzési szabályainak, illetve érvényesek-e; tektonikai elemek milyen képződményekben futnak stb.

Egy egész országot magába foglaló, részletes térképmű szerkesztése hosszú folyamat. Mivel több szerző is dolgozik rajta, ellenőrizni kell az egyes lapok, szerkesztési, illetve adattárolási egységek laphatáron való tartalmi illeszkedését. A végső célunk, hogy a térképi adatbázis folytonos legyen. Ha a geoinformatikai feldolgozás előtt megvárjuk az összes kézirat elkészültét, akkor a munka időben rendkívül elhúzódik, ezért közbenső fázisként kisebb adattárolási egységeket célszerű kialakítani. De mekkorák legyenek ezek a tárolási egységek? Minden kézirat külön egységet képezzen vagy legyenek összevont, nagyobb régiók?

A nagyobb egységek létrehozásakor a következőket kell mérlegelni:

Előnyei:

- a laphatárok egyeztetése az egységen belül egyszerű és nagymértékben automatizálható,
- jóval könnyebb a régióra jellemző, nagyobb geológiai egységek, összefüggések ellenőrzése,
- bizonyos területeket eleve egyben szerkesztettek meg.

Hátrányai:

- egyetlen hiba az egész egység elkészültét hátráltatja,

- a megnövekvő adatmennyiség rontja a kezelhetőséget és körülményesebbé válhat a feldolgozás.

A grafikus adatok laponkénti tárolása is meggondolandó.

Előnyei:

- amint egy lap hibáinak javítása befejeződött, azonnal tovább lehet vele dolgozni,
- szomszédos lapokat gyakran különböző szerzők készítenek, különböző időben, ezért a lapok feldolgozottsági foka sem azonos.

Hátránya:

- lokális indexcsere esetén a laphatárok újbóli egyeztetése szükséges, amely nagy többletmunkát jelent.

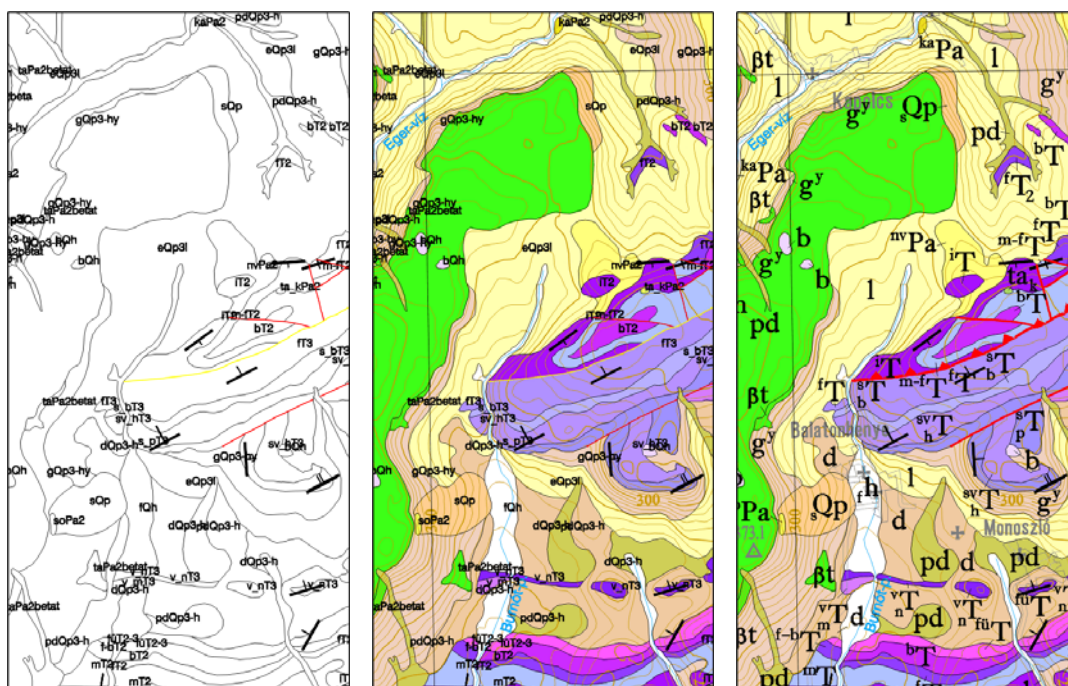
A fentiek mérlegelése alapján a következő megoldás született: mindenképp célszerű nagyobb feldolgozási régiókban gondolkodni, a már meglévő két alföldi terület lapjai továbbra is egy-egy összevont állományt alkotnak, a többi térképlapot pedig három régióba vontuk össze a nagyobb átláthatóság, a tudományos munka, a lektorálás megkönnyítése és az egyes régiókra vonatkozó aktuális munkafolyamatok optimális koordinációja érdekében. A régiók kialakítását a 6.1. ábra szemlélteti.

A tartalmi, rajzi és esetleges koncepcionális hibák kijavítása után az adatbázis tartalma lezárható és a térképlap kartografálható.

6.4. Kartografálás

Az adatbázis feldolgozás számára történő képernyős megjelenítésének és a végtermék küllemének követelménye jelentősen eltérnek egymástól. A megjelenítésnek három fázisát érdemes megkülönböztetni (6.3. ábra):

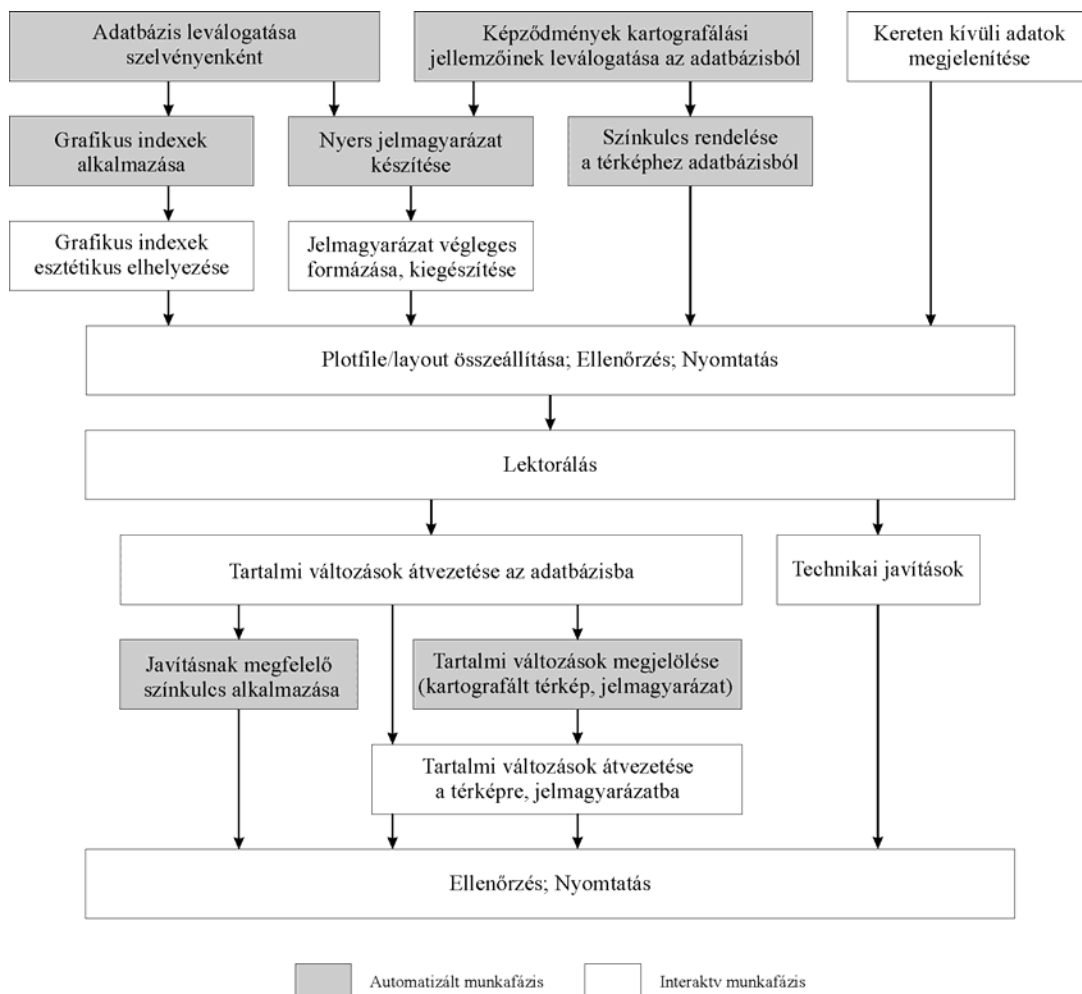
- az adatbázis nyers formája
- munkapéldány
- kartografált végtermék.



6.3. ábra: A térképi adatbázis különböző szintű grafikus megjelenítése (Magyarország 1:100 000-es földtani térképe): az adatbázis nyers formája, munkapéldány, kartografált végtermék.

Az adatbázis nyers formájával a fejlesztő, az adatbázist kezelő térképész és geológus találkozik. Ahhoz, hogy az adatokat értelmezni tudjuk és megjelenésében is esztétikus, jól olvasható nyomtatott térképet kapjunk a folytonos adatbázist szelvényekre kell bontani, valamint kartografálni kell. A szelvényezés teljesen, a kartografálás részben automatikus. Az automatikus kartografálással készült térkép munkapéldánynak már alkalmas, gyorsan és a munka során bármikor előállítható, ezzel a szerkesztők, esetleg a lektorok is tudnak dolgozni. Az adatbázis szerkesztők általi tudományos és technikai ellenőrzése, javítása és lezárása után következik a kartografált végtermék előállítása, ami az automatikus lépéseken túl természetesen nem nélkülözheti az interaktív kartografálási fázisokat, mint például: a grafikus indexek olvasható elhelyezése, szükség esetén többszörös megírása, tektonikai elemek helyes megjelenítése, a jelmagyarázat, kolofon stb. elkészítése és a szelvény térképi elemeinek összeállítása. Az így elkészített térkép még egy fontos ellenőrzésen megy keresztül: a lektoráláson. A lektorálás elsősorban a tudományos beltartalomra koncentrál, de természetesen kiterjed a technikai korrektúrára is. Az

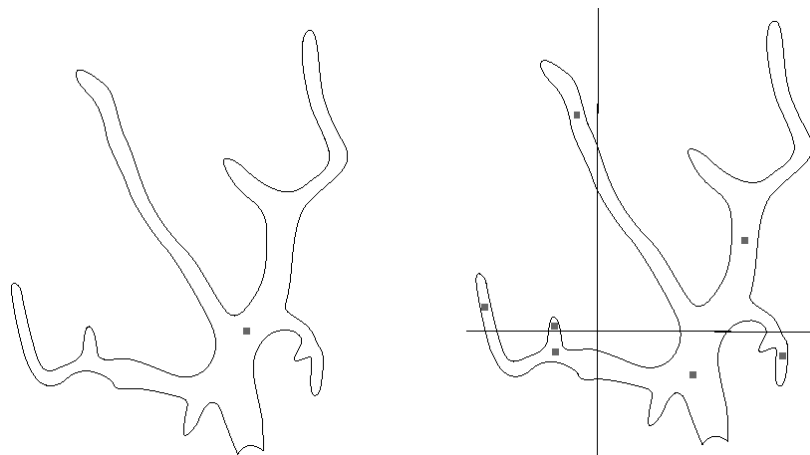
esetleges javításokat, változásokat most már nemcsak az adatbázisba, de az adatbázistól elszakadt kartografált térképre is át kell vezetni. Csak ezután mondhatjuk, hogy a térkép elkészült. A térképi adatbázis kartografálásának munkafolyamait a Magyarország 1:100 000-es földtani térképének elkészítése során szerzett tapasztalatok alapján határoztam meg (6.4. ábra). Jelen értekezés elsősorban az automatizálható fázisokra koncentrálok. Az automatizációt a fejezet elején ismertetett alkalmazás biztosította.



6.4. A kartografálás folyamatának fázisai.

6.4.1. A térképi adatbázis szelvény szerinti leválogatása és a grafikus indexek alkalmazása

Egy térképmű esetében a kartografálás folyamatának első lépése, hogy a folytonos adatbázisból az egy térképszelvényre eső, számunkra szükséges adatokat leválogassuk. Nem lenne azonban szerencsés, ha a szelvények az adatbázisunk duplikátumai lennének, és így a kartografált végtermék elszakadna az eredeti adatbázistól. A szoftverek lehetőséget adnak arra, hogy az adatbázis tényleges szétvágása nélkül, csak egy adott területet jelenítsünk meg (pl. valamilyen maszkolási eljárással). Ekkor azonban nem szabad elfelejtenünk, hogy az így nyert kivágat csupán látvány – olyan, mintha egy papírtérképet ollóval elvágánk – és nem az adatbázis területi leválogatása, így előfordulhat, hogy a kivágatról az adatbázis bizonyos elemei hiányoznak, ez elsősorban a felületi elemek attribútumának, minősítésének feliratát érinti. Ügyelnünk kell tehát ilyenkor arra, hogy a kivágat határvonala által, esetünkben a szelvényháló által elvágott képződmények töredékfoltjainak indexei a kivágaton kívül maradnak. Nem marad más hátra, minthogy az adatbázis területi leválogatását mégiscsak elvégezzük fizikálisan is a térképi adatbázis és a szelvényháló komplex topológiája által, és így az összes szükséges adat, vagyis index rendelkezésünkre álljon (6.5. ábra). Ám ezt a kivágat-adatbázist csak és kizárólag a kartografáláshoz, azon belül a grafikus indexek elhelyezéséhez használjuk fel.



6.5. ábra: A térképi adatbázis és a szelvényháló metszetéből keletkező töredékfoltok és indexeik.

A centroid az adatbázis egyik fő építőeleme, amely a térképi felületek minősítését hordozza, és az adatbázisban általában pont típusú elemként, a hozzá tartozó attribútummal definiált. Ezt használjuk fel a grafikus index elhelyezésére úgy, hogy a leválogatott szelvény töredékfoltjaiba kerülő foltalkotó ponttal azonos koordinátára, azonos attribútummal létrehozunk egy másik, kartografálási célú pontot. A kartografálási célú pontot pedig az attribútumának megfelelő szimbólummal (grafikus index) ábrázoljuk. Ez a pont már szabadon mozgatható, vagyis akár a vonatkozási felületen kívül is elhelyezkedhet.

A térképi adatbázis szelvényenkénti megjelenítését, a szelvények kartografálásának előkészítését tehát olyan esetként definiáltam, amikor egy kartográfiai cél érdekében célszerű a folytonos adatbázis geometriai alapokon történő vágása, és még ha ideiglenesen is, de duplikátumok létrehozása. A duplikátumok létrejötte és törlése nagy körültekintést igényel a munka során, ezért fontos a folyamat lépéseinek és szabályrendszerének felállítása és betartása. Ez jelenti az adatok és állományok nevezéktanának kialakítását, és az ideiglenes adatok és állományok lehetőleg azonnali törlését a felhasználás után. A nevezéktan kialakításánál szelvényezésről lévén szó célszerű a szelvénynevek, illetve azok rögzített rövidítésének használata. Emellett az elnevezéseknek tartalmaznia kell az adott munkafolyamatra vonatkozó rövidítést is.

Az adatbázis szelvény szerinti leválogatása és a grafikus indexek alkalmazása a következő lépésekre bontható (*nevezéktan*):

- a folyamatos földtani adatbázis (*fdt*) és a szelvényháló (*szlv*) összevetése, a komplex topológia létrehozása, *fdt_szlv.topo*
- területi lekérdezés a szelvényháló alapján, *fdt_[szelvéynév].query*
- az adatok grafikus megjelenítése
 - centroid megjelenítése (esetleg vonalművel együtt), *[szelvéynév]_c*
 - a centroid földtani attribútumának feliratozása (label), *[szelvéynév]_l* (a felíratra azért van szükség, hogy a kartografálás során könnyen ellenőrizhető maradjon a felületek minősítése akkor is, ha szimbólumot a felületi elemen kívülre mozgatták)

- a centroidok alapján a kartografálási célú pontok létrehozása,
[szelvéynév]_ndx
- szimbólum rendelése a kartografálási célú ponthoz
- az ideiglenes munkaállományok törlése.

A kartografálás legnagyobb feladata a grafikus indexek olvasható és esztétikus elhelyezése, ami csak az előkészítés fázisában automatizálható: a kiterített indexek grafikusra való automatizált cseréje után a grafikus indexek elhelyezése már manuálisan történik.

A grafikus indexeket a szoftverekben szimbólumokként definiáljuk. A tapasztalatok alapján elmondható, hogy a földtani indexek szimbólumának előállítás és módosítása az Intézetben használt geoinformatikai rendszerek mindegyikében nehézkes, sőt a szimbólumok általában csak az előállított fix méretben használhatók. A szimbólumok azonosítása a felületek attribútumán, vagyis a földtani indexen keresztül történik, az index adja MGE esetén a szimbólum-cella, ArcGIS esetén a stílus nevét.

A grafikus indexek és a vonatkozási terület kapcsolata a kartografálás befejeztével már nem egy az egyhez, vagyis a grafikus indexek alapesetben az adatbázistól elszakadt látványelemek. E látványelemek, a kartografálási célú pontok mögé azonban szervezhetünk adatbázist, amelyet a centroidok segítségével összekapcsolhatunk az eredeti térképi adatbázissal annak érdekében, hogy a változásokat – lektorálás utáni javítás miatt, vagy későbbi kiadás alkalmával – könnyen átvezethessük a kartografált térképre is.

6.4.2. Képződmények kartografálási jellemzőinek leválogatása a kartográfiai adatbázisból

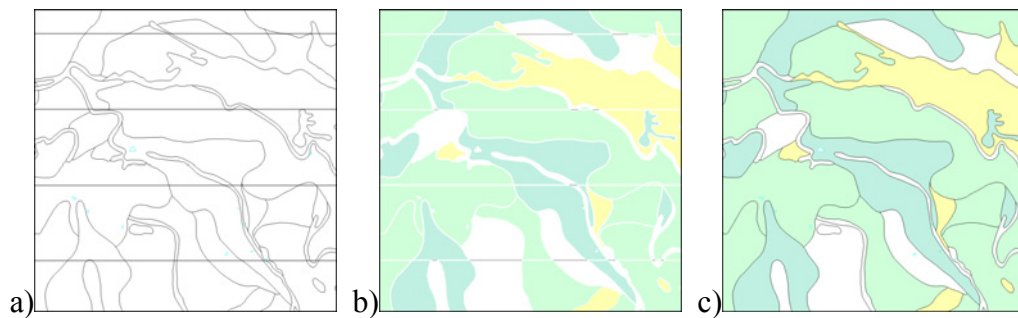
Nemcsak a földtani tematikát tároljuk adatbázisban, de annak kartográfiai jellemzőit is: a képződmény grafikus indexének azonosítóját, térképi színét, jelmagyarázatbeli nevét, korát, sorrendjét stb. Az összekapcsolt adattáblákból a megfelelő lekérdezéssel leszűrhetjük, kigyűjthetjük az éppen szükséges

kartografálási adatokat például a vonalmű színezéséhez vagy egy adott térképszelvény jelmagyarázatának elkészítéséhez.

6.4.3. Színkulcs rendelése a térképhez

A következő automatizálható lépés a képződmények térképi felületeihez a színek hozzárendelése. Ez nem más, mint a színezésre vonatkozó stílusállomány létrehozása majd a színezett térképi poligonok (területi elemek) előállítása a tiszta vonalmű (vonalak és centroidok) és a kartográfiai adatbázis megfelelő lekérdezése, illetve a létrehozott stílusállomány alapján. Az adatbázis relációs táblái alapján az alkalmazás segítségével mind az adott térképre vagy térképszelvényre vonatkozó színekészlet, mind a területi elemeket előállító parancsfile elkészíthető.

Földtani térképeken gyakran előfordul, hogy a térképi felületi elemek nagyon bonyolultak, például egy folyóvízi üledék vízfolyás mentén kanyargó felülete, vagy egy nagyobb, homogén üledékben felbukkanó idősebb képződmény szigetei. Folytonos országos vonalmű esetén ez az adatkezelésben gondot jelent. MGE esetén bizonyos töréspont felett a területi elemeket a rendszer nem tudja területi elemként kezelni és kiszínezni. Erre a következő megoldást születt: még a színezés előtt a térkép vonalművére topológiai síkon az adott térkép méretarányának és a területi elemek komplexitásának megfelelő sűrűségű rácsot helyezünk, és ezzel mintegy felszabdalkjuk, vagyis kisebb, kiszínezhető poligonokat nyerünk (6.6. ábra). Természetesen ez egyben azt is jelenti, hogy a térképi megjelenítésre szánt, színezett poligonok – MGE környezetben – elszakadnak az eredeti adatbázistól. A módszer eredményeként előálló kisebb elemek megjelenítése és kezelése jóval könnyebb és gyorsabb. Ezt az előnyt kihasználva, alapjaiban hasonló megjelenítési trükkökkel találkozhatunk a webes felületeken.



6.6. ábra: Rács használata a színezéshez MGE-környezetben. a) a vonalmű és a rács összevetése, b) a ráccsal felszabdalt színezett poligonok, c) a színezett poligonok és a vonalmű együttese.

ArcGIS-környezetben a Style állományok jóval összetettebbek, valójában különféle rendszertáblákkal kiegészített MSAccess fájlok, ezért itt is lehetőség van a stílus-fájl automatikus előállítására adatbázis alapján (HAVAS G. 2009). Ezeknek az automatizmusoknak a kiépítése az Intézetben jelenleg kísérleti stádiumban van. ArcGIS-környezetben a poligonok MGE-nél alkalmazott rácshálós felszabdolására már nincs szükség, a színezett poligonok az adatbázis részei, ezért ha egy index (közvetminősítés) változik, akkor a poligon színe a stílus-fájl alapján azonnal megváltozik a térképen.

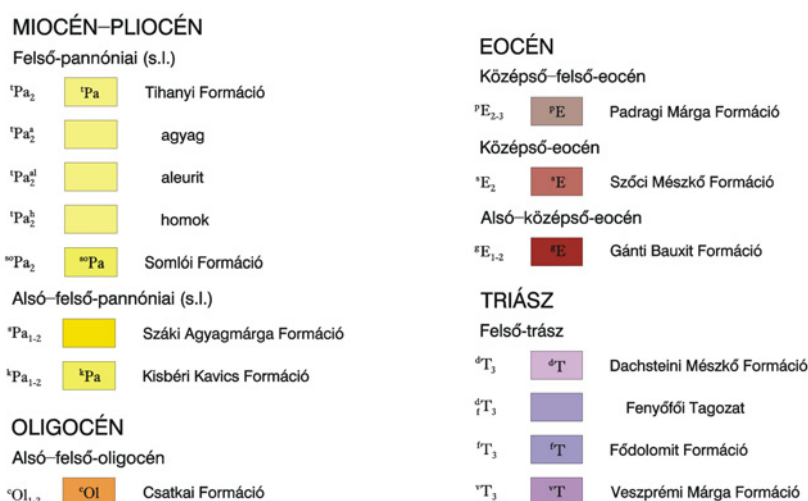
6.4.4. Jelmagyarázat előkészítése

A földtani térképek jelmagyarázata kötött: a képződményeket kor szerinti sorrendben, csoportosítva tartalmazza, feltüntetve azok elnevezését, térképi színét, grafikus indexét – amennyiben szerepel a térképen, rövid formáját is. Térképmű esetén az egyes térképszelvényeken csak az adott szelvényre eső képződmények szerepelnek. A jelmagyarázat elemeinek száma az ábrázolt terület földtani felépítésének függvényében igen változó. Általában elmondható, hogy a kevésbé tagolt síkvidéki területen az előforduló képződménytípusok száma is jóval kisebb, mint a hegyvidéken. A Magyarország 1:100 000-es földtani térképének egyes lapjain a képződmények kategóriáinak száma tíz körüli (például Jánoshalma

L-34-63: 11 db), míg másutt akár a százat is meghaladhatja (például Veszprém L-33-36: 111 db).

A jelmagyarázat tartalmi előkészítése az adatbázis képződményeinek szelvényre vonatkozó leválogatását, és kartográfiai adatbázishoz kapcsolását, majd a jelmagyarázat elemei sorrendjének meghatározását jelenti. A grafikai előkészítés a tartalmi előkészítéshez hasonlóan szintén a CmdGen_Kartoval történik, az alkalmazáson belüli, kifejezetten a Magyarország 1:100 000-es földtani térképének jelmagyarázatához paraméterezett modullal. Az automatizált folyamatok biztosítják, hogy a térkép és a jelmagyarázat tartalma azonos és egységes legyen.

A jelmagyarázat nyers formája tehát időrendben tartalmazza a leválogatott területen, vagyis a szelvényen előforduló képződményeket az előre definiált külalak szerint, szabványos nevekkal és a projektnek megfelelő szabványos felületi színekkel. Ezt a jelmagyarázat többi elemével, például tektonikával kell kiegészíteni, és a térképlapon rendelkezésre álló hely méreteinek megfelelően betördelni. A térképmű jelmagyarázatának formája az évek során változott, például a földtani korok feltüntetése részletesebb lett; a képződményeket nemcsak a keletkezési idő szerint kellett csoportosítani, hanem esetenként a jelek magyarázatán belül is, ha például egy formáción belül több kőzettípus is előfordult (6.7. ábra). A változásokat folyamatosan „utánprogramoztam”.

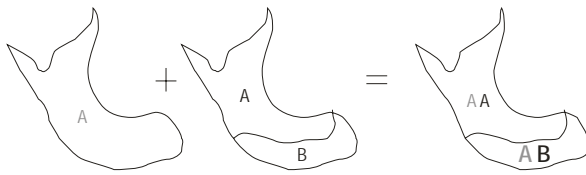


6.7. ábra: A jelmagyarázat CmdGen Kartoval előállított formája (részlet Magyarország 1:100 000-es földtani térképének Eger L-34-5 lapjáról).

6.4.5. Változáskövetés

A tiszta adatbázis, a véglegesített földtani tartalom és a térkép kartografálása után hátra van még a térképlap megformálása (MGE–plotfile összeállítása; ArcGIS–layout összeállítása): a szelvény, jelmagyarázat, cím, kolofon stb. elhelyezése. Bár a térképet az előállítás során a geológus szerkesztők és a térképészek többször is ellenőrzik mind tudományos, mind technikai szinten, a próbanyomatot minden esetben lektorálják. A lektor észrevételeit, az esetleges javításokat át kell vezetni a térképi adatbázisba. Az adatbázistól részben elszakadt kartografált térképen a javítások jórésze természetesen nem jelenik meg. A javítás során a változás jellegének megfelelően tehát a kartografálás bizonyos munkafázisait újra el kell végezni. A térképet teljes egészében újra kartografálni nincs értelme, hiszen a lektori javítások adatbázis szinten általában nem jelentenek nagy változást, egyszerűbb és gyorsabb, ha a kartografált térképen megjelöljük a változásokat és ezeket sorban kijavítjuk.

A lektorálás során felmerült hibák javításakor is az eredeti vonalműhöz (vonalak, centroidok) térünk vissza és a javítás után újra felépítjük a területi elemeket. A térképek tartalmi lektorálása során egyenként, tételesen megjelölt változásokat könnyen át lehet vezetni az adatbázis kartografált változatára is. Előfordulnak azonban olyan lektori észrevételek, amelyek globális változást vonnak maguk után, vagy a szerzővel képernyő előtt kell tisztázni a földtani helyzetet. Ekkor is szükség van a változások megjelölésére, hogy az érintett terület újbóli kartografálását segítsük. A régi és a kijavított, új vonalmű geoinformatikai összehasonlításával, komplex topológia létrehozásával kiszűrhetők azok a helyek, ahol változás történt. A vonalművek összevetését azok térbeli helyzete teszi lehetővé. A komplex topológia létrehozásakor a két „egymásra helyezett” térkép felületi elemei összemetsződnek és öröklik egymás tulajdonságait. Így könnyen lekérdezhetők és a térképen megjelölhetők azon töredékfoltok, amelyeknek nem egyezik a régi és új földtani minősítése. Az összehasonlítás egyszerűsített elvét a 6.8. ábra szemlélteti.



6.8. ábra: Két vonalmű topológiai összehasonlításának elve.

A grafikus indexek lecserélése és esztétikus elhelyezése a javításnak megfelelően megjelölt területeken általában manuálisan történik. Azokban az esetekben, amikor a javítás nem jár a vonalmű átrajzolásával, vagyis csak a képződmény minősítése változott és a grafikus indexeket (kartografálási célú pontokat) összekapcsoltuk az eredeti adatbázissal, akkor a csere az adatbázis relációi alapján automatikusan elvégezhető. Természetesen ilyenkor is szükség van vizuális ellenőrzésre, hiszen a csere nem jelenti azonnal az olvasható, esztétikus elhelyezést, az új szimbólum kiterjedése, külalakja, alsó-felső indexeinek megléte szinte biztosan nem azonos a régivel.

A térképszelvények földtani tartalmának változása természetesen kihat a jelmagyarázatra is. Ennek megfelelően, ha szükséges a javított adatbázis alapján újra elkészítjük a képződmények jelmagyarázatát. Tekintve, hogy a jelmagyarázat összetétele lektorálás alkalmával általában csak kis mértékben változik, egyedi elbírálás alapján vagy a régi jelmagyarázatot korrigáljuk az új alapján, vagy magát az új jelmagyarázatot tördeljük be és egészítjük ki a járulékos elemekkel.

6.4.6. Tektonikai vonalak kartografálása

Felszíni földtani térképek esetén a kartografálás tárgyalásakor érdemes kitérni a tektonikai vonalak kartografálási problémájára is. A geoinformatikai rendszerek ugyan lehetővé teszik több egymáson futó vonal meglétét, de ez a szerkesztés során kényelmetlen (pl. vonalak együtt mozgatása), és sok hiba forrása lehet. Célszerű inkább az egy vonal – több funkció elvet alkalmazni. Ilyenkor a kartografálás során a látványban prioritást élvező funkciót jelenítjük meg. A földtani térképeken tipikus példa erre a tektonikai vonalhálózat, mert ezek a vonalak általában részben, vagy egészben egybeesnek a képződményhatárral, sőt általában több

képződményhatáron is áthúzódnak. Másrészt viszont vannak olyan szakaszaik is, amelyek nem követik a képződményhatárokat. Így végül maga a tektonikai vonal több, egymással érintkező vonaldarabból tevődik össze. Térképi ábrázolása általában valamilyen vonallal és a ráültetett szimbólummal történik. A szimbólumok lehetnek a vonalra szimmetrikusak, de aszimmetrikusak is, ezért a vonalak irányítottsága is fontos. Mivel a szimbólumot a szoftver mindig a vonal kezdőpontjától állandó távolságra kezdi, ha egyszerű stílusbeállítással kartografáljuk ezeket az objektumokat, nemcsak a vonalak töredezettsége, de esetleges eltérő irányítottságuk is azonnal szembetűnik (6.9. ábra).



6.9. ábra: A tektonikai vonalak a tiszta vonalműben egyszerű vonalstílusbeállítással és kartografáltan.

A megoldást az adja, ha a tektonikai vonalakat az adatbázistól elszakadva összefüggő vonalláncokká alakítjuk, majd geológus ellenőrzése mellett beállítjuk irányultságukat és a megjelenítési modellben a kartografált térképhez csatoljuk.

7. Földtani szelvények készítésének automatizációja

Magyarország földtani térmodelljének egy másik építőeleme az a mintegy 150 földtani szelvény, amelyek a felszín alatti víztestek megismerésére irányuló projekt keretén belül készültek, Magyarország 1:100 000-es földtani térképének felhasználásával. Feladatom a szelvények szerkesztésre való előkészítése volt a szelvények nyomvonala és az Intézet fúrási adatbázisa alapján, illetve az elkészült 2D-s szelvények 3D-s konverziós módszerének megteremtése volt. Mindkét feladatot célprogramok írásával oldottam meg, Visual Basic felületen.

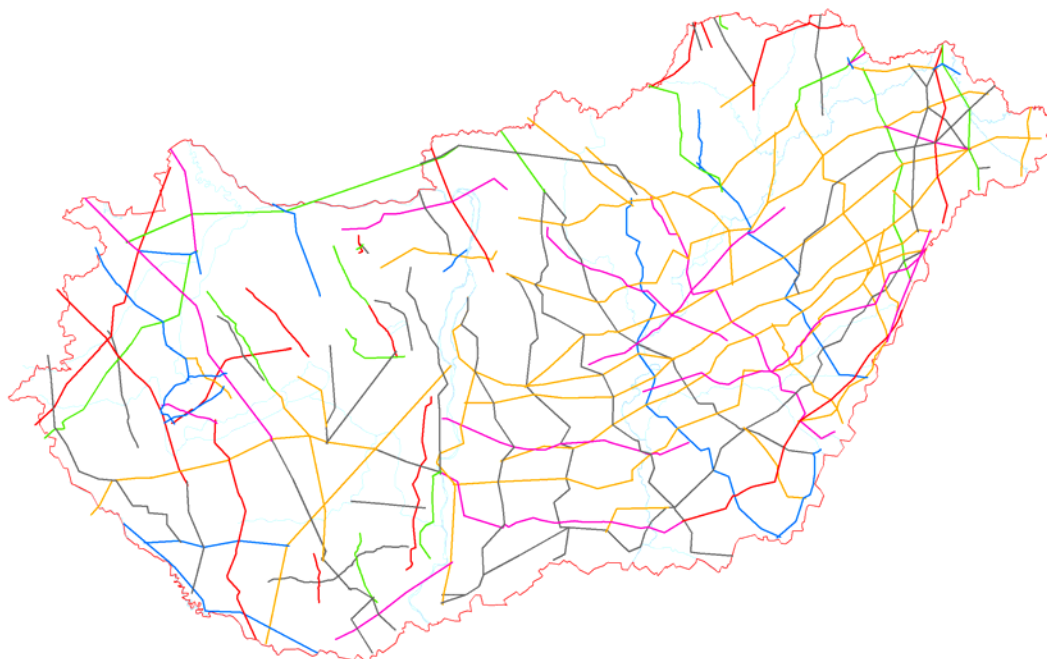
7.1. Földtani szelvények előkészítése

Az Európai Unió Víz Keretirányelve előírja a felszín alatti víztestek jó mennyiségi és minőségi állapotba való hozását 2015-re. Ez az első közösségi szabályozás, mely a vízmennyiséggel – vízmérleggel is foglalkozik. A felszín alatti víztest a felszín alatti víznek egy víztartón, vagy víztartókon belül lehatárolható része. A felszínalatti vízkivételeknek a készletek védelme érdekében összhangban kell lenniük az utánpótlódással.

A munka első fázisában a víztestek kijelölése és áttekintő jellemzése képezte a feladatot. A második fázisban a vízgyűjtő gazdálkodási tervek elkészítését és a felszín alatti vizek monitoringját elősegítendő a feladat többek között a víztestek földtani felépítésének vizsgálata volt részben földtani szelvények segítségével.

A szelvények nyomvonalát (7.1. ábra) az Intézet fúrási adatbázisa alapján jelölték ki. A nyomvonalak több víztesten is áthúzódnak, ami lehetőséget teremt a korábban meghúzott víztest határok alátámasztására, vagy korrigálására. A szelvények három mélységtartományban készültek:

- sekély (50 m-ig),
- közepes mélységű (400-600 m),
- mély (2000-5000 m).



7.1. ábra: A földtani szelvények nyomvonala.

A szelvények horizontális méretaránya 1:100 000, a függőleges torzítás a földtani felépítés ábrázolhatóságának és szelvény mélységének függvényében változó (2x, 5x, 10x, 100x).

A szelvénytérképhez a meglévő adatbázisok alapján létrehozott szelvényvázalattal jelentős segítséget nyújthatunk a geológusoknak. A szelvényváz előállításához négy adatbázist használtam fel:

- fúrás adatbázis
- szelvény nyomvonal adatbázis
- DTM (digitális terepmodell)
- Magyarország 1:100 000-es földtani térképének adatbázisa.

A földtani szerkesztés alapját a nyomvonalat meghatározó fúrások adják, ezért az egyik fő feladat a nyomvonal alapján a fúrások és földtani rétegek feltüntetése volt. Szelvények szerkesztésekor cél, hogy azok tartalma összhangban legyen a rendelkezésre álló felszíni földtani térképekkel, jelen esetben a Magyarország 1:100 000-es földtani térképével. Ennek érdekében, az előkészítéskor egy másik földtani alkotóelemet kellett elhelyezni a szelvényeken: a térképi adatbázis

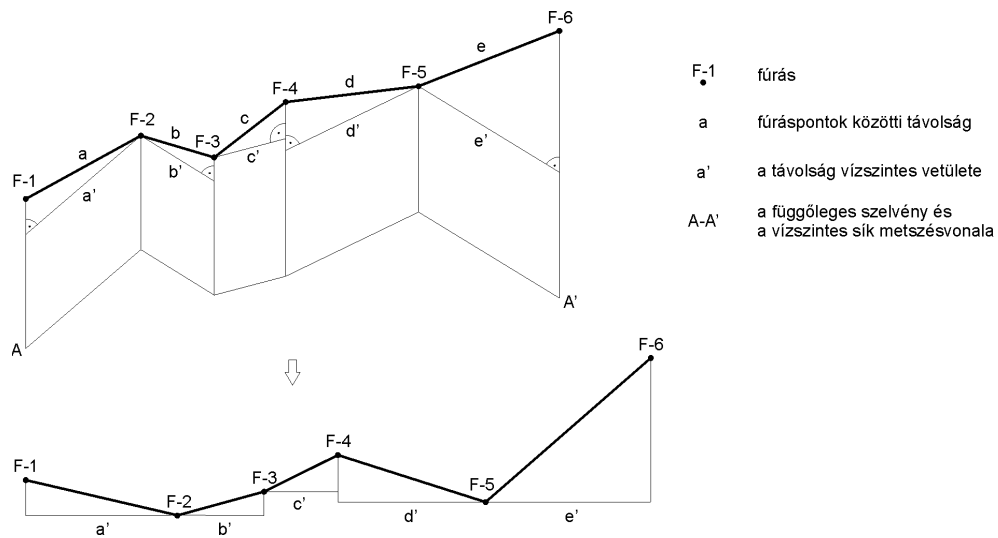
nyomvonalak által harántolt képződményeit, azok határvonalának nyomvonalba való bevetítésével és a képződmény indexének megadásával.

A 150 szelvény szerkesztésre való előkészítése számos automatizálható fázist tartalmaz. Az automatizációt biztosító Visual Basic alkalmazás (7.2. ábra) kifejezetten a projekt részére készült célprogram, és a szelvények küllemének megfelelő beállításokat alapvetően beágyazottan tartalmazza. Tekintve, hogy a szelvények torzítása és így megjelenése nem teljesen azonos, a megjelenítés bizonyos paramétereit a kezelő felületen szabadon állíthatóvá kellett tenni. A fúrások tekintetében opcionális a fúráshoz tartozó településnév és a fúrás menti relatív mélységskála feltüntetése. Utóbbi méterközze szabadon állítható. A függőleges torzítás váltakozása miatt a betűméret a fúrások, a fúrásbeli földtan és a térképen harántolt földtan esetében is szabadon választható. A változtatható paraméterekre a program indításkor felajánl egy-egy értéket, amelyek egyben a leggyakrabban használt értékek.

Szelvény neve	Település neve	Fúrás jele	Fúrás X koordinátája	Fúrás Y koordinátája	Fúrás Z koordinátája	Fúrás talpmélysége	Parancsfile könyvtára	Magassági torzítás
39_ma_kalocsa_bagamer	KP		643538,161	130864,298			c:\Temp\	100
	Kalocsa	K-107	644536	130930	91,45	400		
	Kecel	B-2	665358	132301	103,03	940,1		
	Szank	K-22	698552	133924	111,33	300		
	Kömpöc	Köm-1	714044,7	128979,64	95,75	3317		
	Baks	K-25						
	Csanytelek	K-173						
	Szentes	K-558						
	Szentes	K-498						
	Szentes	K-18/a						
	Csabacsúd	B-50						
	Órménykút	Órm-I						
	Gyomaendrőd	K-56						
	Déványa	K-53						
	Körösadány	Köl-1						
	Szeghalom	K-39						
	Szeghalom	K-54						
	Szeghalom	K-56						
	Füzesgyarmat	B-42						
	Füzesgyarmat	B-41						
	Füzesgyarmat	K-35						
	Nagyrabé	B-20						
	Bihardancsháza	B-2						
	Sáp	B-9						
	Derecske	B-27						
	Sáránd	Sáránd						
	Sáránd	B-16						
	Mikepércs	Mp-1						
	Vámospércs	K-29						
	Nyírábrány	Nyáb-1	673536,51	245241,24	132,24	3500		

7.2. ábra: A szelvényvázat elkészítő célprogram.

A térbeli szelvényt a nyomvonal mentén síkba kell teríteni. Ehhez a fúrásponatok térbeli koordinátái alapján meg kell határoznunk a fúrások térbeli távolságának vízszintes vetületét, majd az így kapott távolságokat relatív x koordinátának, a fúrások magassági értékét pedig y koordinátának véve a fúrásokat egy egyenesen feltüntetni (7.3. ábra). A nyomvonal által harántolt térképi felületi elemeket szintén az egyenes mentén kell feltüntetnünk, de itt már nincs szükség az előbbi vetítésre, hiszen maga a térkép eleve vízszintes felületre vetítve ábrázolja a képződményeket.

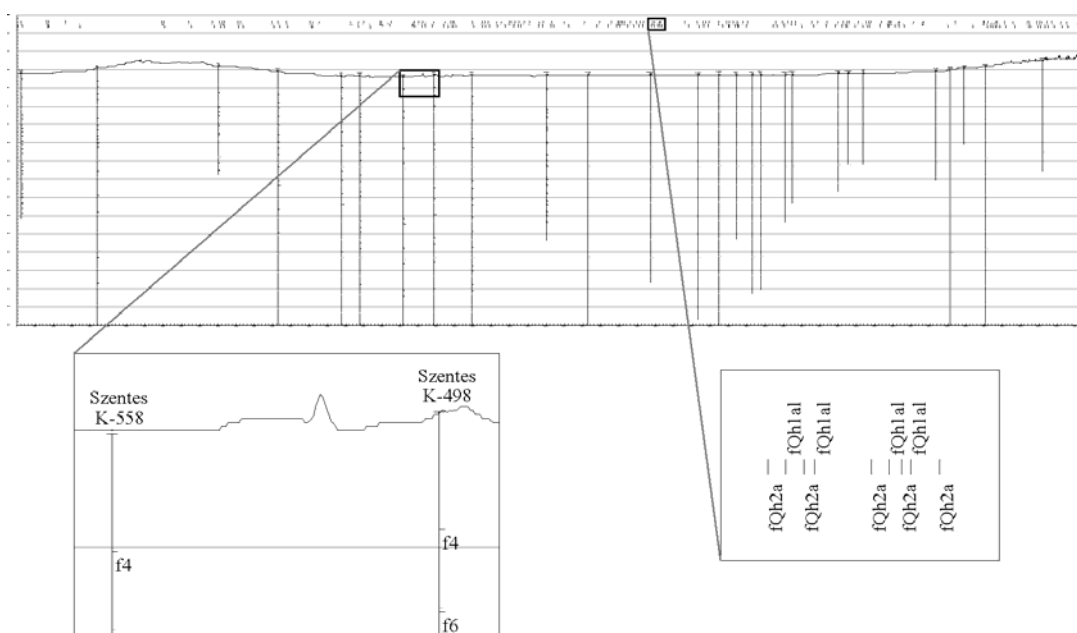


7.3. A szelvények síkba fejtése.

A földtani alkotóelemek előállítását követően a szelvényeket az alábbi, szerkesztéshez szükséges elemekkel kell kiegészítenünk:

- felszíni domborzat képe a nyomvonalban,
- abszolút magassági adatokat tartalmazó vonalzó és segédvonalak.

Végeredményként előáll a szelvények digitális váza (7.4. ábra), amelyet a geológusok nyomtatásban kapnak kézhez a szerkesztéshez.



7.4. ábra: A szerkesztésre előkészített szelvény.

7.2. A szelvényadatok 3D-s konverziója

A digitálisan előkészített szelvények a földtani szerkesztés befejezése után 2D-ben állnak rendelkezésünkre. Ez a földtani szelvények klasszikus formája. A földtani szelvények formálisan azonosnak tekinthetők a földtani térképekkel, ezért a geoinformatikai feldolgozás és a kartografálás a térképekkel azonos módon, az ott vizsgált és ismertett módszerekkel, munkafolyamatokkal történik. A klasszikus szelvények azonban digitális térbeli modellezéshez közvetlenül nem használhatóak, ezért szükség van a síkba terített szelvények térbelivé konvertálására, és a kívánt koordináta-rendszerben való elhelyezésére, amely jelen esetben az EOV.

Digitális 3D modellekbe különféle formában építhetünk be adatokat. A szelvényeket készítő és felhasználó projekt vízföldtani vonatkozású. A modellezési célnak és a modellező szoftvernek megfelelő konverziós módszert kellett választani. A módszer kidolgozására és gyakorlati megvalósítására kiválasztottam egy teszt területet, amely négy szelvényt foglal magába. Viszonylag egyszerű megoldást jelentett volna, ha a szelvényen szereplő képződményhatárok töréspontjait és földtani attribútumait viszem át a modellező szoftverbe, de így a modellezéshez

nem lett volna elegendő az információsűrűség. A grafikus szelvényekből virtuális fúrások mentén nyertem ki az információt. A virtuális fúrásokat egy szabályosan felépített vonalrács reprezentálta. Meghatároztam a képződményhatár–vonalrács metszéspontok létrehozásának és kiolvasásának konkrét geoinformatikai munkafolyamatát, a koordináta-átszámításra pedig Visual Basic felületen készítettem egy alkalmazást, amely egyszerre akár több szelvény feldolgozására is alkalmas (7.5. ábra).

A virtuális fúrások, vagyis a vonalrács sűrűségét a szelvények földtani részletessége alapján kell meghatározni, úgy, hogy az a legkisebb területű földtani képződményt is reprezentálja, de ne adjon indokolatlanul nagy adattömeget eredményül. A vonalrács sűrűségét 100 méterre választottam. Az így keletkezett adatmennyiséget a modellező szoftver kezelni tudja, de szükség esetén lehetőséget biztosít az adatok mennyiségének optimalizálására is.

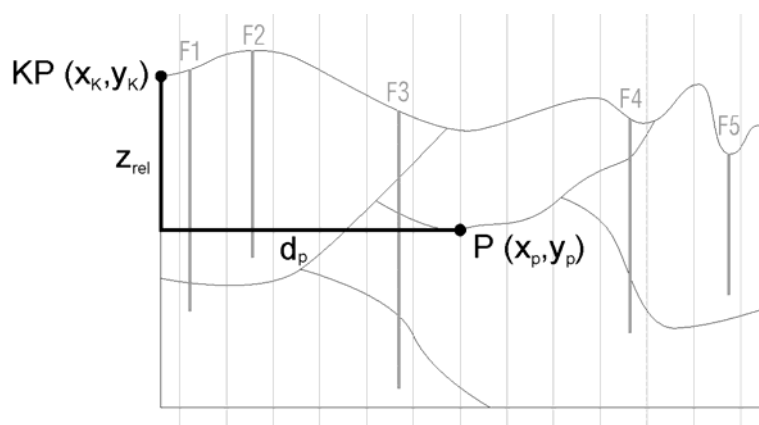
A munkafolyamat első fázisában geoinformatikai oldalon területileg összevettem a szelvény(ek) adatbázisát a vonalrácscsal, és a képződményhatárok és a vonalrács metszéspontjaihoz hozzárendeltem a szelvény-adatbázis adott pontra vonatkozó földtani attribútumait. A szelvények adattartalmát a metszéspontok alapján kiolvastam. A munka második fázisában a konverziós program segítségével átszámítottam a metszéspontok szelvény-koordinátáit térbelivé. Így végül megkaptam a szelvényeket reprezentáló pontokat valós koordinátaikkal és földtani attribútumaival együtt.

OBJECTID	FID	szlv	f	OBJECTID	geo	ndx	OBJECTID	?	szlv	id	FID	racs	Shape	Leveg	End	X	End	Y	EOV	X	EOV	Y
2	73	3789	SCPz	2	nor	sopronhorpac	sumeg	32	5171	31980000000	-59800,00	-9208975,29	468027,7	246317,4	-1113,06							
3	75	3792	l_rnb2	2	nor	sopronhorpac	sumeg	32	1719	65510000000	-59800,00	-923003,97	469027,7	246317,4	-596,724							
4	94	3813	uPa1-2	2	nor	sopronhorpac	sumeg	32	6647	65330000000	-59800,00	-922084,12	469027,7	246317,4	-424,739							
32	73	3789	SCPz	2	nor	sopronhorpac	sumeg	33	5235	24000000000	-59800,00	-929043,26	469060,7	246226,2	-1120,66							
33	75	3792	l_rnb2	2	nor	sopronhorpac	sumeg	33	1715	01600000000	-59800,00	-923000,04	469060,7	246226,2	-597,131							
34	94	3813	uPa1-2	2	nor	sopronhorpac	sumeg	33	6654	77200000000	-59800,00	-922093,03	469068,7	246226,2	-425,629							
62	73	3789	SCPz	2	nor	sopronhorpac	sumeg	34	5299	16010000000	-598700,00	-929111,27	469109,7	246135	-1127,45							
63	75	3792	l_rnb2	2	nor	sopronhorpac	sumeg	34	1710	17740000000	-598700,00	-923812,11	469109,7	246135	-597,538							
64	94	3813	uPa1-2	2	nor	sopronhorpac	sumeg	34	6658	87610000000	-598700,00	-922101,94	469109,7	246135	-426,52							
92	73	3789	SCPz	2	nor	sopronhorpac	sumeg	35	5363	09020000000	-59800,00	-929179,26	469150,7	246043,8	-1134,25							
93	75	3792	l_rnb2	2	nor	sopronhorpac	sumeg	35	1705	33810000000	-59800,00	-923816,18	469150,7	246043,8	-597,945							
94	94	3813	uPa1-2	2	nor	sopronhorpac	sumeg	35	6635	10290000000	-59800,00	-922110,85	469150,7	246043,8	-427,412							
122	73	3789	SCPz	2	nor	sopronhorpac	sumeg	36	5427	00040000000	-698500,00	-929247,26	469191,7	245962,6	-1141,05							
123	75	3792	l_rnb2	2	nor	sopronhorpac	sumeg	36	1700	48670000000	-698500,00	-923820,26	469191,7	245962,6	-598,362							
124	94	3813	uPa1-2	2	nor	sopronhorpac	sumeg	36	6689	26880000000	-698500,00	-922119,76	469191,7	245962,6	-426,303							
152	73	3789	SCPz	2	nor	sopronhorpac	sumeg	37	5490	50050000000	-698400,00	-923815,26	469232,7	245861,4	-1147,86							
153	75	3792	l_rnb2	2	nor	sopronhorpac	sumeg	37	1695	66940000000	-698400,00	-923824,33	469232,7	245861,4	-598,76							
154	94	3813	uPa1-2	2	nor	sopronhorpac	sumeg	37	6679	93460000000	-698400,00	-922126,67	469232,7	245861,4	-429,194							
182	73	3789	SCPz	2	nor	sopronhorpac	sumeg	38	5554	94000000000	-698300,00	-923833,24	469273,7	245770,1	-1164,65							
183	75	3792	l_rnb2	2	nor	sopronhorpac	sumeg	38	1690	81890000000	-698300,00	-923820,40	469273,7	245770,1	-599,167							
184	94	3813	uPa1-2	2	nor	sopronhorpac	sumeg	38	6676	81090000000	-698300,00	-922137,59	469273,7	245770,1	-430,085							
212	73	3789	SCPz	2	nor	sopronhorpac	sumeg	39	5610	76090000000	-698200,00	-929451,23	469314,7	245670,9	-1161,45							
213	75	3792	l_rnb2	2	nor	sopronhorpac	sumeg	39	1695	90060000000	-698200,00	-923832,47	469314,7	245670,9	-599,574							
214	94	3813	uPa1-2	2	nor	sopronhorpac	sumeg	39	6615	86040000000	-698200,00	-922146,49	469314,7	245670,9	-430,976							
242	73	3789	SCPz	2	nor	sopronhorpac	sumeg	40	5682	88120000000	-698100,00	-929519,22	469355,7	245587,7	-1168,25							
243	75	3792	l_rnb2	2	nor	sopronhorpac	sumeg	40	1681	14110000000	-698100,00	-923836,54	469355,7	245587,7	-599,981							
244	94	3813	uPa1-2	2	nor	sopronhorpac	sumeg	40	6689	47840000000	-698100,00	-922155,40	469355,7	245587,7	-431,867							
1641	73	3789	SCPz	2	nor	sopronhorpac	sumeg	84	8471	89070000000	-593700,00	-932510,83	471159,4	241574,4	-1467,41							
1642	75	3792	l_rnb2	2	nor	sopronhorpac	sumeg	84	1671	84580000000	-593700,00	-934039,97	471159,4	241574,4	-630,224							
1643	94	3813	uPa1-2	2	nor	sopronhorpac	sumeg	84	8829	32340000000	-593700,00	-922367,32	471159,4	241574,4	-453,059							
2102	73	3789	SCPz	2	nor	sopronhorpac	sumeg	98	9327	60920000000	-692300,00	-933462,71	471733,3	240297,5	-1562,6							
2103	75	3792	l_rnb2	2	nor	sopronhorpac	sumeg	98	1867	16880000000	-692300,00	-924136,10	471733,3	240297,5	-629,837							
2104	94	3813	uPa1-2	2	nor	sopronhorpac	sumeg	98	6725	93880000000	-692300,00	-922467,94	471733,3	240297,5	-483,121							
2776	73	3789	SCPz	2	nor	sopronhorpac	sumeg	118	10488	63060000000	-690300,00	-934766,74	472763,2	239473,2	-1692,9							

7.5. ábra: A szelvények 3D-s konverziójára készített program.

A 2D-s szelvények a digitális állományban értelemszerűen nincsenek valódi koordinátarendszerben, a kiolvasott értékek relatívák. Ahhoz, hogy a pontok visszakerüljenek valódi térbeli koordinátájukra, szükségünk van a kartografált szelvényen egy referencia pontra, amelynek ismertek a valós koordinátái. Szerencsére erre több alkalmas pont is van, ilyen például a szelvény kezdőpontja. A koordinátaátszámítás módja tulajdonképpen a szelvények előkészítésekor ismertetett szelvénykiterítés inverze, hiszen itt a távolságok vízszintes vetülete áll rendelkezésünkre és ebből számoljuk vissza a koordinátákat.

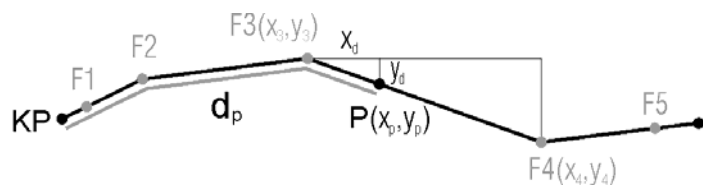
Először tehát meg kell határoznunk a pontoknak a szelvény kezdőpontjához viszonyított, relatív koordinátáit, amelyek nem mások, mint a pont kezdőponttól vett, szelvényen mért valódi távolságának vízszintes vetülete, illetve a pont szelvényen belüli relatív magassága (7.6. ábra). Ezeket a digitális állományból a szoftver funkciói segítségével könnyen kiolvashatjuk.



7.6. ábra: A pont szelvényen belüli relatív koordinátái.

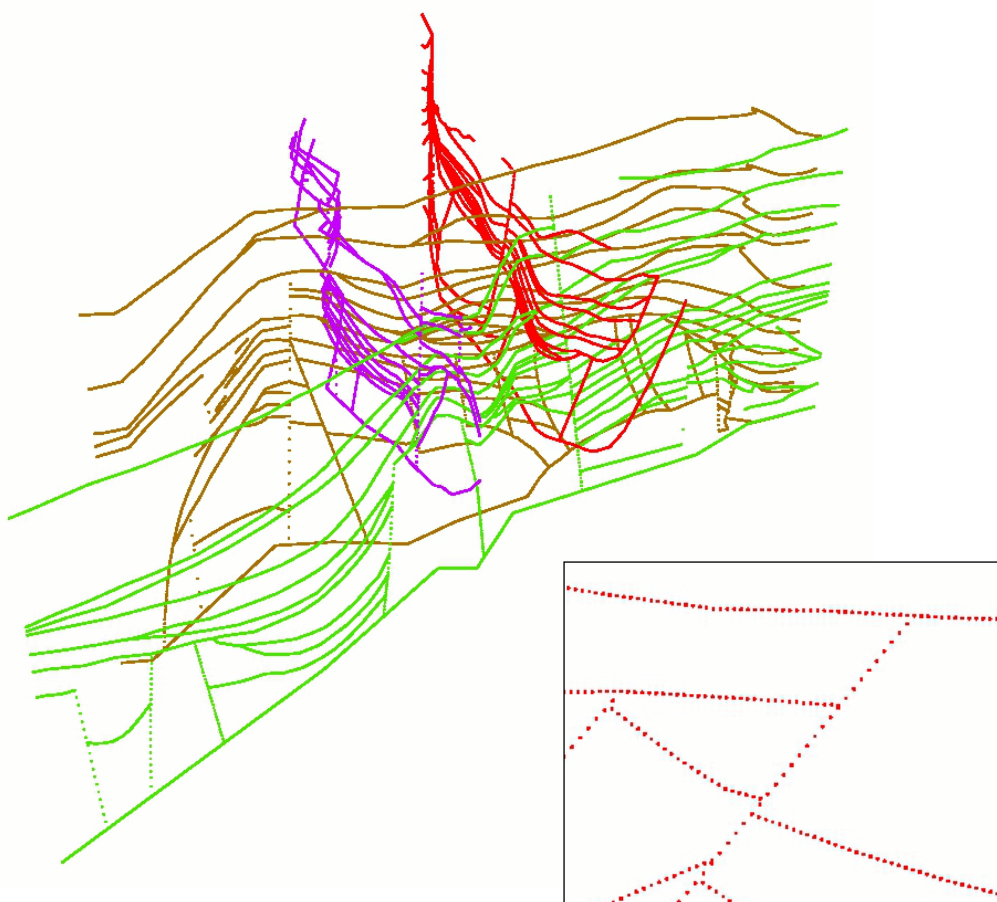
A pont valódi z értéke a referenciapont z értékéből és a pont relatív magasságából a szelvény magassági torzításának figyelembe vételével számolható. A pont valódi (x, y) értékeinek kiszámításához először felmérjük a szelvényről kiolvasott vízszintes távolságot a szelvény nyomvonalára, és meghatározzuk melyik két töréspont (vagyis fúráspon) közötti szakaszra esik a pontunk. Ehhez szükségünk van a töréspontok szelvénykezdőponttól vett távolságára a szelvényen mérve, amely koordinátáik alapján könnyen számítható. A szelvény töréspontjainak

valós koordinátái és a pont adott szakaszba eső távolság-darabjából már meghatározhatjuk a pont valós koordinátáit (7.7. ábra).



7.7. ábra: A pont (x,y) koordinátáinak meghatározása.

Végeredményként (x,y,z) koordinátájú, földtani attribútummal ellátott pontok halmazát kapjuk (7.8. ábra).



7.8. ábra: A szelvények adattartalmát reprezentáló pontok 3D-ben.

8. A térképi adatbázis sokoldalúsága

Geoinformatikai rendszerek kiépítése mindig nagy erőforrásokat igényel, nemcsak pénzügyi, de humán területen is, hiszen a rendszerek mellett, hogy igen költségesek, használatuk sem egyszerű, a grafikus programokhoz képest összetettebb felhasználói ismereteket igényelnek. Funkciókészletük rendkívül gazdag: a szerkesztő funkciók megkönnyítik a digitalizálást és praktikus trükkökkel az adatok későbbi átszerkesztését, a megjelenítési funkciók segítségével finomodik az egyes objektumok ábrázolása, és így könnyebben értelmezhetőek, de a GIS lehetőségeit tekintve kulcsfontosságú jelentősége a kiértékelő funkcióknak van, amelyek geometriai, logikai és statisztikai elemzéseket tesznek lehetővé. Ha a geoinformatikai rendszer használata csupán arra terjed ki, hogy digitális úton állítsunk elő térképet, messze nem használjuk ki a funkciókészlet adta lehetőségeket, sőt a térkép előállítását, az adatbázis kialakítása jóval nagyobb munkát fog jelenteni, mintha egy grafikus szoftvert alkalmaznánk. Nem beszélve arról, hogy a geoinformatikai rendszerek megjelenítési lehetőségei ma sem érik el a grafikus szoftverek szintjét. GIS használata akkor indokolt tehát, ha az elsődleges célunk egy adatbázis létrehozása, és a térkép ennek egyik végterméke, de emellett az adatainkat más célokra, más megjelenítésre, elemzésekre is szeretnénk felhasználni (KLEMMER 2004).

8.1. Végtermékek

Ha adatbázist készítünk, fontos annak megjelenítése is annak érdekében, hogy az adatainkhoz „hozzáférjünk”, és azokat értelmezni tudjuk. Az adatbázis alapján különféle végtermékeket állíthatunk elő.

Geoinformatikai rendszerekben maga az *adatbázis* is végtermék, sőt mind közül a legfontosabb, hiszen ez használható legteljesebben és leghatékonyabban elemzésekhez, vagy további, levezetett térképek előállításához. Az elemzési lehetőségekről a követő alfejezet ad áttekintést.

A végtermékek egyik legnépszerűbb formája szakmai körökben a *hagyományos, nyomtatott térkép*, mert az adatok megjelenítésében, közvetítésében a mai napig fontos szerepet tölt be, és a legtöbb szakember ennek használatát részesíti előnyben. A papírtérkép előállítására igen hosszadalmas, kartográfust igénylő munka, és az ábrázolt adatoknak magától az alapadatbázistól történő elszakadását eredményezi. Lehet ez a papírtérkép nyomdai úton előállított, de földtani térképek esetében, amelyeket szinte kizárólag szakemberek forgatnak, csak kis példányszámra van szükség, ezért legtöbb esetben csak plotteres nyomtatás készül az Intézetben. A földtani térképek másik jellemzője, hogy a térképlap a térképen kívül más ábrázolási formákat is tartalmaz. Ilyenek a földtani szelvények és elvi rétegoszlopok, amelyek szerves és szinte kötelező elemei a térképlapnak, mert a terület földtani megértését nagymértékben elősegítik. Itt kell megemlíteni, hogy a földtani térképekhez ún. földtani magyarázót (a terület földtani képződményeit bemutató könyvet) is szoktak készíteni, amely a térkép tartozéka, de az adatbázistól fizikailag teljesen független, legfeljebb tartalmi előkészítésében lehet segítségére az adatbázis tematikus tartalma.



8.1. ábra: Magyarország földtani térképe 1:100 000, 2005, CD változat.

Digitális adatokról lévén szó, a térképek digitális közreadása is kézenfekvő. Ennek számos formája lehetséges, az egyik a *CD-n történő kiadás* (8.1. ábra). A publikációnak ezt a formáját a kartografált térkép megléte teszi lehetővé, hiszen a

cd-re kerülő digitális állományok a hagyományos megjelenésű kartografált térkép valamilyen digitális formátumú, de tovább nem szerkeszthető változatai. Ekkor egyszerű lehetőség nyílik a térképlapok mellett járulékos információk, a térképhez kapcsolódó ábra- és szöveges anyag közlésére is.

Egy másik digitális termék a *webtérkép*. Ez azonban nem a kartografált termék webes közzétételét jelenti, hanem magának az adatbázisnak a webes megjelenítését. A webtérképek, vagy interaktív webes térképi alkalmazások elsődleges célja a tájékoztató jelleg. Célcsoportja sokkal bővebb az előző két végtermékénél: a földtani szakmai igényeket csak tervezések és előkészítések szintjén támogatja, viszont más szakterületeken is segítséget nyújt a döntéselőkészítésben és a szélesebb közönség számára oktatási és tudományos ismeretterjesztő anyagként használható. Általánosságban megoldást kíván nyújtani egyszerűbb földtani kérdések gyors megválaszolására, és bemutatja a földtani geoinformatikában – térképekben, adatokban és eszközökben – rejlő lehetőségeket (HAVAS 2009).

8.2. Elemzési lehetőségek a térképi adatbázisban

A geoinformatikai rendszerek nagy előnye és kulcsfontosságú funkciója, hogy adatelemzéseket tesznek lehetővé. Ezeket használhatjuk pusztán adatellenőrzésre az adatbázis technikai és tematikus tartalmára egyaránt, de az elemzések elsődleges célja mégis az, hogy a rendelkezésünkre álló – és egyszerre általában átláthatatlan – adathalmazból a számunkra éppen szükséges információkat kinyerjük. Az elemzéssel közelebb juthatunk a tematika megértéséhez, illetve több tematika egyidejű kiértékelésével új információkat kaphatunk.

Az elemzés két lépcsőben történik: az adatok kiválasztása – azok geometriája vagy attribútumai alapján –, majd a megfelelő elemző művelet elvégzése.

Az elemzéseket műveleti jellegük szerint négy csoportba sorolhatjuk (DETRÉKŐI–SZABÓ 2008):

- aritmetikai műveletek: matematikai alpműveletek és függvények alkalmazása az elemzésben.

- geometriai műveletek: vektoros rendszerekben analitikus geometriai műveletek, és az elemek kapcsolatainak jellemzésére topológia használata. Földtani térképeken ilyen például a felületi elemek területének meghatározása a minimális rajzi felületnagyság ellenőrzésére, vagy a szomszédos felületi elemek attribútumainak összehasonlítása.
- logikai műveletek: ide tartoznak az egyenlőségi vizsgálatok például szélsőérték-keresés, és a halmazműveletek. A logikai műveletek kiválóan alkalmazhatóak komplex kapcsolatok vizsgálatára. Földtani témák esetén például kereshetjük azon területeket, ahol a képződmény A és B tulajdonsága egyszerre érvényesül, vagyis A és B halmaz metszetét.
- matematikai statisztikai műveletek: elsősorban attribútum adatok elemzésére használható műveletek, mint az adatok eloszlása, átlagértéke stb. Földtani térképeken megállapíthatjuk például a képződmény előfordulásának gyakoriságát.

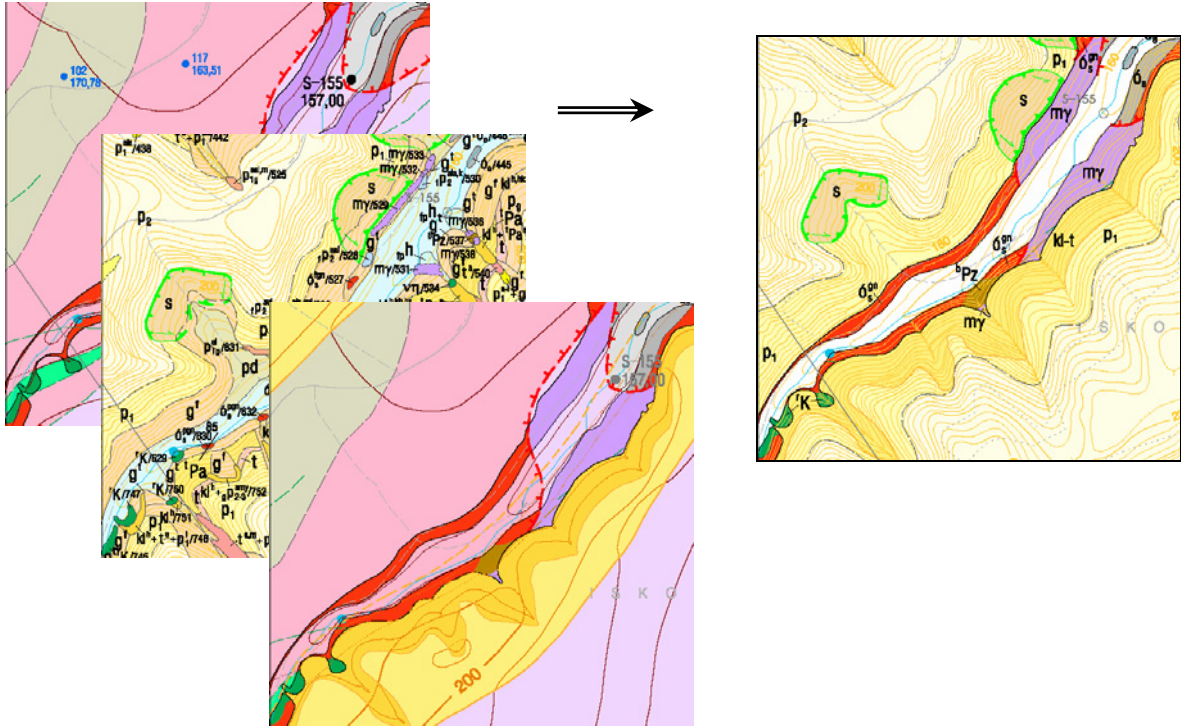
Egy-egy feladat megoldásához a különböző jellegű elemzéseket általában egymással kombinálva végezzük. A következőkben az Intézet térképi adatbázisain végrehajtott elemzésekre mutatok be néhány példát, amelyek mindegyikében tevékenyen részt vettem, jónéhányat magam irányítottam.

Az elemzések elsősorban különböző földtani szakterületek között jellemzőek:

- *területi leválogatások*: Készíthetünk egyedi térkép kivágatokat az adatbázis teljes tartalmának területi szűrésével, valamilyen természetes, gazdasági, politikai, térképszelvényezési rendszer, vagy akár kutatási terület szerinti vonatkozási felület alapján, például megyénkénti, tájegységenkénti, vízgyűjtő szerinti stb. leválogatással.

Ha területi leválogatást végzünk, nincs mindig feltétlenül szükségünk az adott térképi adatbázisban rendelkezésre álló összes információra, pl. egy geológus csak a kutatási területén előforduló ártéri képződmények elhelyezkedésére kíváncsi. A területi leválogatást nemcsak egy térképi adatbázison belül végezhetjük el. Azonos területen különböző tematikák bizonyos földtani határvonalak mentén, geológiai szabályrendszer alapján történő területi leválogatásával és összeillesztésével új

földtani térkép készíthető, ilyen volt például a kis- és közepes radioaktivitású hulladékok elhelyezésére irányuló program keretén belül készült lejtőüledékektől mentes földtani térkép (8.2. ábra).

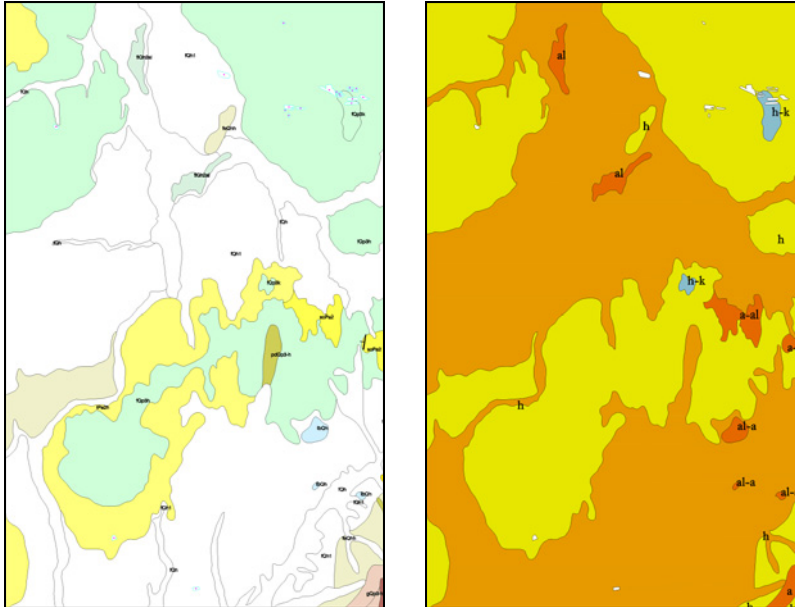


8.2. ábra: Meglévő térképekből, földtani határvonalak mentén összeállított, geoinformatikai módszerekkel előállított térkép.

- *területi statisztika*: a területi leválogatás eredményét statisztikailag is megvizsgálhatjuk. A statisztikai módszerek elméleti tárháza, de a geoinformatikai rendszerek által nyújtott lehetőségek száma is igen nagy. Ezt a területet tapasztalataim szerint lehetőségeihez képest a földtanban alig használják ki. Példa azért akad: használjuk a hibaszűrésben a kis számú, illetve a minimális felületnagyságot el nem érő foltok kiszűrésére, tudományos feladatban pedig például így határoztuk meg az egyes települések belterületein előforduló kőzeteket és egymáshoz viszonyított területi arányaikat.

- *egyszerű adat-átminősítés*: a térképi adatbázis kiválasztott adatai (képződmények típusa, kora, vízáteresztő képessége stb.) alapján az objektumokat újracsoportosíthatjuk és ha szükséges területi összevonásokat is végezhetünk. Ezzel

az egyszerű adatkonverzióval általában gyorsan előállíthatunk származtatott térképeket. Így készült például Magyarország 1:100 000-es földtani térképe alapján, az egész országra kiterjedő mérnökgeológiai térképmű (8.3. ábra).



8.3. ábra: Az eredeti és a levezett térképi adatbázis részlete.

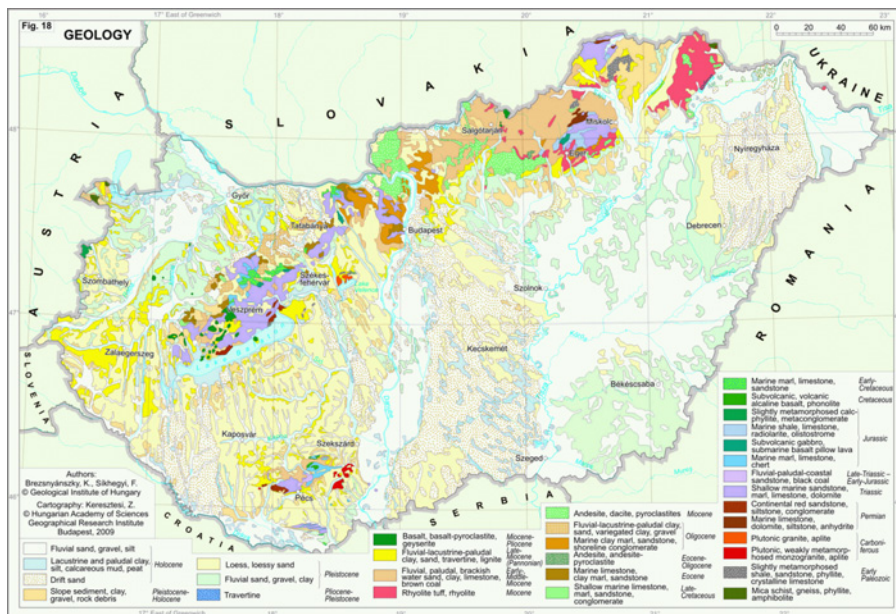
- *több tematika komplex elemzése*: ha egy adott területről több, adattartalmát tekintve összevethető tematika áll rendelkezésünkre, komplex elemzést végezhetünk. Ez a tematikák területi egybevetésén túl, komplex geológiai szabályrendszer alapján a témák leválogatását, átminősítését is jelenti. A szabályrendszer a témák egymáshoz viszonyított térbeli helyzetén alapul, és sok „ha..., akkor...” feltétel eredményeiből épül fel. Például a talajvíz-mélység, illetve számos talajvíz-alkotó anyag elterjedési térképeiből ezzel a módszerrel – és szakmailag megalapozott szabályrendszer alapján – előállítható a terület öntözhetőségi térképe.

- *földtani modellek finomítása*: a földtani térképi adatbázisok gyakran szolgálnak különféle földtani modellezések alapjául. Ilyen esetben az elemzés nem magán a térképi adatbázison zajlik, hanem az adatbázis segítségével a modellben, például vízföldtani, tektonikai modellben.

- *levezetett térképek:* a térképi adatbázis elemeinek generalizálásával előállíthatunk, de legalábbis előkészíthetünk azonos témájú, kisebb méretarányú levezetett földtani térképet. A generalizálás a gyakorlatban a földtani tematika újracsoportosítását, ennek alapján összevonását, a méreten aluli felületek kiszűrését és esetleg vonalsimítást jelent. A Magyarország 1:100 000-es földtani térképének adatbázisából két levezetett térkép is született.

Az egyik levezetett térkép a Magyarország földtani atlasza országjáróknak 1:200 000 című kiadványban jelent meg. Előkészítése már 2001-ben megkezdődött, az alapok lefektetése a tervek kialakítását a koncepció, méretarány, jelkulcsi szerkezet, topográfiai alap meghatározását ölelte fel. A vonalmű tényleges szerkesztése csak az 1:100 000-es térképi adatbázis lezárása után kezdődhetett el. A térkép ismertetését lásd a 3.4. alfejezetben.

A másik levezetett térkép jóval kisebb, 1:1 000 000-ós méretarányban készült. A térkép a képződményeket méretarányának megfelelően a földtani korok és a keletkezési körülmények együttesével jellemzi. A térkép közel felére kicsinyítve nyomtatásban is megjelent (8.4. ábra), de része az EU földtani szolgálatai közös projektjének (OneGeology Europe) is (SÍKHEGYI 2009).



8.4. ábra: Magyarország földtani térképe, ~1:2 200 000 (BREZSNYÁNSZKY – SÍKHEGYI 2009).

Irodalomjegyzék

- ARNBERGER E. 1977.: Thematische Kartographie. — *Das Geographische Seminar*, Braunschweig, 231 p.
- BREZSNYÁNSZKY K. – SÍKHEGYI F. 2007: Das Ungarische Geologische Institut, eine herausragende Werkstatt der thematischen Kartographie. — *Nova Acta Leopoldina NF 94*, Nr. 349, p. 47–69.
- DETRÉKŐI Á. – SZABÓ GY. 2008: Térinformatika. — *Nemzeti Tankönyvkiadó*, Budapest, pp. 222–228, 259–269.
- ELEK I. (szerk.) 2007: Térinformatikai gyakorlatok. — *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest, 554 p.
- FODOR F. (1952-54): A magyar térképírás, 3. kötet. — *Honvéd Térképészeti Intézet*, Budapest
- FÖLDI E. (szerk.) 1974: Kartográfiai értelmező szótár. — *Földmérési Intézet*, Budapest (kézirat)
- FÜLÖP J. 1968: A földtani térképezés története, helyzete és feladatai Magyarországon. — *MTA X. Osztályának Közleményei 2.*, Budapest, pp. 27-45.
- GALAMBOS CS. 2006: Digitális földtani térképek jelkulcsának kidolgozása integrált térinformatikai alkalmazások számára. — *ELTE Informatikai Kar, Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék*, Budapest (doktori értekezés)
- GYALOG L. (szerk.) 1996: A földtani térképek jelkulcsa és a rétegtani egységek rövid leírása. — *A Magyar Állami Földtani Intézet alkalmi kiadványa*, Budapest
- GYALOG L., TURCZI G., SÍKHEGYI F., BUDAI T., KAISER M., SZEILER R., MAIGUT V. 2003: The 1:100 000 GIS-based geological map database of Hungary. — *4th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems*, Bologna, Italy (poszter)
- GYALOG L. 2004: A földtani képződmények jelkulcsrendszere, mint a földtudományi adatbázisrendszer alapja. — *Pécsi Tudományegyetem*

- Természettudományi Kar, Földtudományi Doktori Iskola, Pécs (doktori értekezés)*
- GYALOG L., OROSZ L., SIPOS A., TURCZI G. 2004: A Magyar Állami Földtani Intézet egységes jelkulcsa, fúrási adatbázisa és webes kezelőfelületük. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2004*, pp. 109–124.
- GYALOG L. (szerk.), BUDAI T., CHIKÁN G., IVANCSICS J., KAISER M., KOROKNAI B., KOVÁCS S., MAIGUT V., PELIKÁN P., SÍKHEGYI F., TURCZI G. 2005: Magyarázó Magyarország fedett földtani térképéhez, A Magyar Állami Földtani Intézet térképmagyarázói. — *Magyar Állami Földtani Intézet*, Budapest
- HAKE, G. – GRÜNREICH, D. – LIQIU, M. 2002: Kartographie. — *Walter de Gruyter*, Berlin, p150–166.
- HARKÁNYINÉ DR. SZÉKELY ZS. 2003: A térképismérvek jelentősége a paradigmaváltás idején. — *Geodézia és Kartográfia 2003/11*, 29-32 pp.
- HAVAS G. 2009: Internetes földtani térképek szerkesztési elvei. — *Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földtudományi Doktori Iskola*, Budapest (doktori értekezés, kézirat)
- JANKÓ A. 2007: Magyarország katonai felmérései 1763–1950. — *A Hadtörténeti Intézet és Múzeum Könyvtára*, Budapest, 196 p.
- KLEMMER, W. 2004: GIS-Projekte erfolgreich durchführen. — *Bernhard Harzer Verlag*, Karlsruhe, p. 25–28.
- KLINGHAMMER I. – PAPP-VÁRY Á. 1983: Földünk tükre a térkép. — *Gondolat kiadó*, Budapest, 384 p.
- KLINGHAMMER I. – PAPP-VÁRY Á. 1989: Tematikus kartográfia. — *Tankönyvkiadó*, Budapest, 152 p.
- KLINGHAMMER I. – PÁPAY GY. – TÖRÖK ZS. 1995: Kartográfia-történet. — *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest, 189 p.
- KLINGHAMMER I. 1992: A kartográfia kialakulása napjainkig. — *MTA doktori értekezés*, Budapest, 99 p.
- LORBERER Á. 1975: Stanisław Staszic szerepe Magyarország földtani megismerésében. — *Földtani Közlöny 105.*, 23-30. p.

- MAIGUT V. 2004: Új digitális földtani térképmű a MÁFI-ban. — *Geodézia és kartográfia 2004 (7)*, pp. 22–26.
- MAIGUT V. 2005: Földtani térképek kartografálásának segítése térinformatikai módszerekkel. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2004*, pp. 139–144.
- MAIGUT V. – VIKOR ZS. 2005: Földtani térképek és adatbázisok a területfejlesztés szolgálatában. — *GITA Műszaki Térinformatika Egyesület, VIII. konferencia, Szeged, 12–13/05/2005*. [előadás]
- MÁRTON M. 1998: Atlaszkartográfia. — *Eötvös Loránd Tudományegyetem, Térképtudományi Tanszék*, Budapest (kézirat)
- OSZK 2008: Szemelvények a magyar földtudományi térképezés történetéből. — *Országos Széchényi Könyvtár, Térképtár, vitrinmagyarázatok 2008*. március 28 – október 31. (www.minerofil.hu/pdf_file/oszkt.pdf)
- PAPP-VÁRY Á. – HRENKÓ P. 1989: Magyarország régi térképeken. — *Gondolat Kiadó*, Budapest, 254 p.
- SÍKHEGYI F. 2009: A földtani térképezés 140 éve – Módszerek, térképek. — *A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa*, Budapest [CD-Rom]
- BREZSNYÁNSZY, K. – SÍKHEGYI, F. 2007: Das Ungarische Geologische Institut, eine herausragende Werkstatt der thematischen Kartographie. — *Nova Acta Leopoldina NF 94, Nr. 349*, pp. 49-69.
- STEGENA L. 1983: Térképtörténet. — *Tankönyvkiadó*, Budapest, p. 156.
- TÖRÖK ZS. 2007: Die Geschichte der thematischen Kartographie im Karpatenbecken unter besonderer Berücksichtigung der ungarischen geowissenschaftlichen Karten. — *Nova Acta Leopoldina NF 94, Nr. 349*, pp. 25-48.
- TURCZI G. 2000: Térkép alapú informatika a földtudományban. — *ELTE Térképtudományi Tanszék*, Budapest (doktori értekezés)
- ZENTAI L. 2000: Számítógépes térképészet. — *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest, Egyetemi tankönyv, 248 p.

Térképjegyzék

- BALOGH K., ERDÉLYI M., KRETZOI M., RÓNAI A., SCHRÉTER Z., SÜMEGHY J., SZEBÉNYI L., SZENTES F., SZÓTS E., URBANCSEK J. szerk. 1956: Magyarország földtani térképe, 1:300 000 (4 lapon). — *Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa*, Budapest.
- BEUDANT, F. S. 1822: Carte géologique de la Hongrie et de la Transylvanie avec une partie des pays limitrophes. In BEUDANT, F. S.: Voyage minéralogique et géologique en Hongrie, pendant l'année 1816, Tom. 1–4, map. — *Verdière*, Paris.
- BÖCKH J., KOCH A., PETHŐ GY., TELEGGI ROTH L., SCHAFARZIK F., SZONTAGH T. 1896 Magyarország geológiai térképe, 1:1 000 000. — *Magyarhoni Geológiai Társulat Kiadványa*, Budapest.
- BREZSNYÁNSZKY, K. – SÍKHEGYI, F. 2009: Geology. Scale ~1:2 200 000. — In: KOCSIS, K. – SCHWEITZER F. (szerk.) 2009: Hungary in Maps. Geographical Research Institute, HAS, p. 35.
- BUDAI T. – GYALOG L. (szerk.) 2009: Magyarország földtani atlasza országjáróknak, 1:200 000. — *A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa*, Budapest, 248 p.
- Budapest és Szent-endre vidéke, 1:75 000. — *K. u. K. militär. geographisches Institut*, 1898, Wien.
- FÜLÖP J. (főszerk.), RÓNAI A., HÁMOR G., NAGY E., CSÁSZÁR G., JÁMBOR Á., HETÉNYI R., DEÁK M., GYARMATI P. 1984: Magyarország földtani térképe, 1:500 000, in: Magyarország Földtani Atlasza. — *A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa*, Budapest.
- GYALOG L. (főszerk.) 2005: Magyarország földtani térképe 1:100 000. — *A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa*, Budapest.
- HAUER F. 1867-71: Geologische Übersichts-Karte der Österreichisch-Ungarischen Monarchie (Az Osztrák-Magyar Monarchia földtani áttekintő térképe), 1:567 000. — *Beck'schen Universitäts-Buchhandlung*, Wien.

- LÓCZY L., PAPP K. szerk. 1922: A Magyar Birodalom és a szomszédos országok határos területeinek földtani térképe, 1:900 000. — *A Magyar Királyi Földtani Intézet Kiadványa*, Budapest.
- STASZIC 1815: Carta geologica totius Poloniae, Moldaviae, Transilvaniae, et partis Hungariae, et Valachiae. — Varsó.
- Szendrő környékének földtani térképe (Umgebungen von Szendrő), 1:144 000. — *K. u. K. militär. geographisches Institut*, 1880, Wien.
- SZENTES F. 1967: L-33-XII-Veszprém, földtani változat, Magyarország földtani térképe, 1:200 000-es sorozat. — *Magyar Állami Földtani Intézet*, Budapest.
- TOWNSON, L., L., D. (ed.) 1797: The Geological Map of Hungary, on new map of Hungary, particularly of its rivers & natural productions. In: TOWNSON, L., L., D.: Travels in Hungary, with a short account of Vienna in the year 1793. — *Robinson*, London 506 p.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton mondok köszönetet Dr. Turczy Gábornak, aki az elmúlt években nemcsak térinformatikai szakmai tudását adta át, de emberileg is sokat támogatott, valamint Dr. Síkhegyi Ferencnek, akinek kartográfiai szemlélete nagy hatással volt rám, és aki az értekezés történetének áttekintéséhez jelentős segítséget nyújtott. Köszönettel tartozom többi közvetlen kollégámnak is, akiktől a Magyar Állami Földtani Intézetben végzett munkám során sok segítséget és ötletet kapok.

Köszönöm témavezetőmnek, Dr. Török Zsoltnak az értekezés elkészítésében nyújtott segítségét, észrevételeit, továbbá az ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék munkatársainak, hogy bármilyen problémában készséggel segítettek.

Külön köszönet illeti családomat, akik türelemmel és kitartással rengeteg terhet átvállaltak, hogy az értekezésre elegendő időm és energiám jusson.

Összefoglalás

A Magyar Állami Földtani Intézet munkatársaként feladatom a földtani térképek adatbázis háttérének kidolgozása és kezelése, a földtani adatok vizualizációja, vagyis a térképek, szelvények kartografálása. Az értekezésben bemutatott tudományos módszereket és megoldási lehetőségeket elsősorban „Magyarország földtani térmodellje” két alkotójának munkálatai során fogalmaztam meg. Ezek Magyarország 1:100 000-es földtani térképe, valamint a részben ehhez a térképhez kapcsolódó, az országot behálózó 150 földtani szelvény elkészítése voltak.

A dolgozat elején újszerű szempontból tekintem át a földtani térképek történetét: fejlődésüket az értekezésben bemutatott térképműhöz kapcsolódóan az országos jelentőségű földtani térképek és térképművek tükrében követem végig. A térképi modellalkotás folyamatának elvi és gyakorlati tárgyalása során felvázolom a földtani térképek legfontosabb ábrázolási módszerét és az ábrázolás kötöttségeit.

Megvizsgáltam az adatbázis-alapú földtani térképek készítésének térképészeti–geoinformatikai munkafolyamatát egy országos térképmű esetében. Ennek alapján kialakítottam egy általános érvényű, optimális technológiai rendet a folytonos és adatharmonizált országos földtani térképi adatbázis létrehozására és kartografálására. A munkafolyamat bizonyos lépései automatizálhatóak. Kijelöltem és bemutattam ezeket az automatizálható fázisokat. Létrehoztam egy automatizációt támogató célprogramot, amely egy általánosan paraméterezett parancsot adatbázisban rögzített paraméterekkel aktualizál és kötegelt feldolgozást készít elő. Ezek az automatizmusok jelentősen segítik és gyorsítják, sőt egyben standardizálják is a térképészeti–geoinformatikai munkát.

A térképek mellett a földtani információk másik fontos ábrázolási formája a földtani szelvény. Szerkesztésükhöz a meglévő adatbázisok alapján létrehozott szelvényvázalattal jelentős segítséget nyújthatunk a geológusoknak. A szelvényváz előállításához matematikailag megfogalmaztam a térbeli földtani szelvények nyomvonal mentén történő síkba terítésének módszerét, valamint felállítottam a kiindulási adatokat biztosító adatbázisok összevetésének térinformatikai rendjét. A folyamatokra automatizációs alkalmazást készítettem. Ugyanezt tettem az elkészült 2D szelvények virtuális fúrások segítségével történő 3D konverziójára is.

Bár a kartografálás egyes fázisai automatizálhatóak, a kartografálás mindig tartalmaz interaktív, a térképész szakmai tudását és esztétikai érzékét igénylő feladatokat. Az automatizáció nagy segítséget jelent, bizonyos munkafolyamatok elvégzését leegyszerűsíti és felgyorsítja, így a kartográfus több energiát és időt tud fordítani a kreatív térképészeti munkára.

Summary

I have been working for the Geological Institute of Hungary. I have been engaged in the elaboration and management of the database background of geological maps and the visualisation of geological data, i.e. cartographic processing of maps and profiles. The methods and solutions presented in the dissertation were specified in working with the two components of the „Geological 3D model of Hungary” such as the 1:100 000 geological map of Hungary and the partially related network of some 150 geological profiles distributed in the country.

The dissertation starts with an overview of the history of geological maps from a new aspect: like the map featured in the dissertation the presentation of their development is focused on their relationship with maps of national significance. Addressing the theoretical and practical aspects of map model building I specify the main display method of geological maps as well as the restrictions of this method.

I examined the cartographic–geoinformatic work process of data base–derived geological maps in the case of a national map which served as a basis for elaborating a comprehensive and optimal technological system for the establishment of a harmonised national geological map database and its cartographic processing. Some steps of the workflow can be automated which are specified and demonstrated. I developed a specific application supporting the automation process which updates a non-specifically parameterised command with database-derived parameters and pre-processes for subsequent cluster processing. The geological–cartographic work is largely improved, accelerated and even standardised by these automation processes.

Apart from maps geological profiles are the other main display technique of geological data. The database-derived profile framework provides substantial help for geologists to their compilation. To elaborate this framework I formulated the mathematical method of unfolding geological profiles along their trace line, as well as set up the GIS-method of comparing the databases providing the raw data. An automated application was elaborated for the above processes. A similar application was set up for the 3D conversion of the available 2D profiles making use of virtual drillings.

Though some phases of the cartographic process can be automated, it invariably involves some interactive tasks requiring the professional knowledge and aesthetic interference of a cartographer. Automation is of great help simplifying and accelerating the performance of some processes, ensuring more energy and time for the cartographer to creative cartographic work.