

Programcsomaggal támogatott statisztika oktatása geológus hallgatók példáján

Doktori (Ph.D.) értekezés

Kovácsné Székely Ilona

Teaching statistics for Geologists in a computer-assisted environment

Ph.D. dissertation

Ilona Székely Kovácsné



PROGRAMCSOMAGGAL TÁMOGATOTT
STATISZTIKA OKTATÁSA GEOLÓGUS HALLGATÓK
PÉLDÁJÁN

Doktori (Ph.D.) értekezés

Kovácsné Székely Ilona

Debreceni Egyetem
Természettudományi Doktori Tanács
Matematika és Számítástudományok Doktori Iskola

Debrecen, 2007.

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem, TTK, Matematika és Számítástudományok Doktori Iskola, Matematika Didaktika programja keretében készítettem a Debreceni Egyetem TTK doktori (Ph.D.) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2007. 04. 05.

Kovácsné Székely Ilona
jelölt

Tanúsítom, hogy Kovácsné Székely Ilona doktorjelölt 2001–2006. között Dr. Nemetz Tibor, míg 2006. és 2007. években a fent megnevezett Doktori Iskola Matematika Didaktika programjának keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult. Az értekezés elfogadását javaslom.

Debrecen, 2007. 04. 05.

Dr. Arató Miklós
témavezető

Tartalom

Bevezetés.....	1
1. Irodalmi áttekintés a statisztika oktatásának módszertanáról.....	3
A számítógépes szimuláció	9
Módszertani áttekintés. A konstruktivizmus.....	15
2. A statisztika oktatásának körülményei az ELTE geológus szakán.....	19
2.1. A geológus szak.....	19
2.2. Matematika és statisztika a földtani munka gyakorlatában	20
2.3. Matematikai jellegű tárgyak a geológus képzésben.....	24
2.3.1. A matematika oktatásának előzményei és kezdetei.....	24
2.3.2. Jelen és jövő.....	25
3. A statisztika oktatás módszertanának alakulása 2001–2006. között	29
3.1 A hagyományos oktatási forma értékelése, 2001. és 2002. ősz félévek.....	29
3.1.1. A módszertan hatékonyságának mérése	29
3.1.2. Hallgatói vélemények értékelése a 2001. és 2002. évek ősz féléveiről	31
3.2. Az oktatás módszertanának változtatása és a hallgatói vélemények értékelése a 2004. és 2005. évek őszi féléveiről	39
3.2.1 Az órán használt szoftver kiválasztásának körülményei.....	39

TARTALOM

3.2.2. Az órák példái és tematikája	43
3.2.3. A hallgatói vélemények értékelése, 2004. és 2005. ősz félévek	57
3.3. Az oktatás módszertanának nagy mértékű változtatása és a hallgatói vélemények értékelése 2006.	67
3.3.1. Példák az új oktatási szemlélet tükrében	68
3.3.2. Gyakorlatok az új metodika szerint.....	73
3.3.3. A 2006. év felmérésének értékelése	81
Összefoglalás.....	97
Summary	103
Irodalom	109
I. melléklet: Tantárgyi tematikák	I
Matematika I.	I
Differenciálegyenletek geológusoknak	II
Valószínűségszámítás	II
Matematikai statisztika	III
Geostatisztika	III
Táblázatkezelés geológusoknak	III
Adatbázis-kezelés geológusoknak	IV
II. melléklet: A hallgatók által kitöltött kérdőív	V
III. melléklet: Szöveges értékelések.....	VIII

A lemezmelléklet tartalma:

Fájlnév	Méret	Dátum	CRC
Talajviz.xls	2 431 kB	2007.04.01.	49D71D6C
Regresszio.xls	491 kB	2007.04.01.	14AFCF8D
Ora_2.xls	252 kB	2007.04.01.	4732361B
Duna_Tisza_koze_1990-2000.xls	1 002 kB	2007.03.31.	00D29EAF
Metallochemia.xls	602 kB	2006.07.23.	2F0935C5
Zsuppan_Katalin.xls	180 kB	2006.07.23.	A06AC9A5

B

Bevezetés

Magyarországon kutató geológus képzés egyetlen helyen, az Eötvös Lóránd Tudományegyetem Természettudományi Karán folyik. A tanrendben az 1970-es évektől egyre nagyobb időkeret biztosított a valószínűségi számítás és a matematikai statisztika tárgyaknak. Ennek több oka van. A geológia különböző területein, az adatok és a vizsgált változók számának növekedésével, megnőtt a jelentősége az olyan módszereknek, amelyek lehetővé tették az információ tömörítését, a sztochasztikus kapcsolatok vizsgálatát, segítettek elfogadni vagy elvetni egy hipotézist, jelentősen megalapozva ezzel az objektív szakmai döntéshozatalt. Ezen kívül, a statisztika szerepét nemcsak a földtanban, hanem általában a földtudományokban is jelentősen megnövelte az a tény, hogy napjainkban e tudományterületek számára a nagy jelentőségű izovonalas térképeket nem kézzel, hanem számítógéppel, lineáris becslési eljárások alkalmazásával készítik. A térkép elkészítése, a geostatistikán túl, jelentős mértékű valószínűségi számítási és matematikai statisztikai ismereteket is feltételez. A statisztikai módszerek részévé váltak a térinformatikának és a környezeti modellezésnek is, melyek napjainkban már szinte önálló tudományágak és alkalmazásuk az alkalmazott földtanban jelentős. A korszerű földtudományok mindegyike egyre kiterjedtebben használja a többváltozós adatelemző módszereket, amelyek viszont szintén feltételezik a matematikai statisztika alapos ismeretét.

Minden oktatónak van saját elképzelése arról, hogyan alakítsa tárgyának módszertanát a jobb megértés és a könnyebb elsajátíthatóság érdekében. A geológus hallgatók oktatása során szerzett tapasztalataim, valamint időközben az oktatási rendszerben végbement nagyarányú változtatások, a hallgatói hozzáállás, illetve a végzett hallgatók elé állított társadalmi-piaci igények fokozatos alakulása következtében egyértelművé vált, hogy az eddigi, hagyományos

struktúrájú statisztika oktatási módszertan változtatásra szorul, amit azonban csak megalapozott kutatás és arra épülő értékelés elvégzésével célszerű végrehajtani.

Célul tűztem ki, a geológus hallgatók számára történő statisztika oktatás különböző szemléletei, igényei és elvárásai vizsgálatán, a hagyományos oktatási struktúrák átvilágításán, valamint a hallgatói vélemények kiértékelésén alapuló, statisztika tárgy új oktatási módszertanának kialakítását és a módszer hatékonyságának mérését. A változtatás érdekében áttekintettem a statisztika oktatásának külföldi tapasztalatait, az ELTE geológus szakán zajló oktatás időben változó körülményeit. Megállapítottam, hogy 1975. évtől kezdődően, a geológusok igen változatos matematikai statisztikai képzést kaptak, ami nem megalapozott módszertani kutatáson, hanem elsősorban a tárgy oktatási lehetőségein alapult.

Rögzítettem, hogy a különböző elvárásoknak megfelelően a módszertani változtatások bevezetésénél kiindulási alapként a hagyományos és a számítástechnikai eszközök felhasználásával, szakmai példákon keresztül történő oktatási forma kombinálása a leginkább célravezető. Kutatási célkitűzéseim között szerepelt, hogy a kialakítandó módszertanba beépíthetők legyenek a hallgatók és a geológus szakma véleményére és elképzelésére támaszkodó módosítások. Ennek érdekében öt évfolyamnál kérdőíves felmérést végeztem a geológus hallgatók körében. A kapott válaszokat számszerűsítettem, adatelemző módszerekkel feldolgoztam és kiértékeltem. Ezeket és a geológus oktató kollégák tapasztalatait és elvárásait is figyelembe véve, évről évre új elemekkel bővítettem, illetve változtattam az alkalmazott oktatási módszertant, a bemutatásra és feldolgozásra kijelölt szakmai feladatok körét és kisebb mértékben az oktatás tematikáját is.

1 Irodalmi áttekintés a statisztika oktatásának módszertanáról

A statisztika, mint tantárgy egyre fontosabb szerephez jut az alsó-, közép-, és felsőfokú oktatásban, ezért növekvő érdeklődés alakult ki aziránt, hogy hogyan is oktassuk a statisztikát különböző szakterületek hallgatóinak, illetve különböző korcsoportoknak (Anderson és munkatársai, 1987). A módszertani megközelítésekkel foglalkozó tanulmányok, különböző oktatási stratégiák egész sorát tárják elénk. Vannak olyanok, amelyek inkább a tárgy főbb alapelveire és nem a részletesen tárgyalt matematikai háttérre koncentrálnak. Sokan a csoportmunkán alapuló feladatmegoldást (Garfield, 1993), míg mások a számítógépes programcsomagok használatát támogatják, de egyes szerzők az interneten is elérhető kiegészítő feladatok és gyakorlatok alkalmazását javasolják. A számítástechnika fejlődésének köszönhetően az egyre növekvő hallgatói létszám miatt több egyetem kínálja az internetes on-line távoktatási képzést. Utts és munkatársai, (2003) munkája a hagyományos illetve vegyes oktatási módszer előnyeit és hátrányait hasonlítja össze. A vegyes oktatási formában heti egyszeri konzultációra volt lehetőség, de a diákoknak az alapelveket saját maguknak kellett elsajátítaniuk az interneten rendelkezésre álló tananyagok és tankönyvek segítségével. A végzett vizsgálatok alapján a hallgatók véleménye kevésbé volt pozitív a vegyes oktatási forma esetén. Ahhoz, hogy a számítógépes órák vagy egyéb új módszertani stratégiák tényleges hatékonysága meghatározható legyen, szükség van a statisztika elméleti háttérének a gyakorlati alkalmazásokkal való összekapcsolására. Így jobban érthetőek a tanulók tanulási folyamatai, melyeket figyelembe kell venni a szükséges módszertani módosítások bevezetésénél. Mills (2003) tanulmánya, a számítógépes szimulációkhoz kapcsolódva, egy új elméleti háttér leírását tartalmazza a statisztika oktatásában. Függetlenül attól, hogy az oktató mennyire érthetően, világosan

magyarázza el az új fogalmakat, a diákokban ez az új ismeret tudássá, csak a saját maguk által történő megértés révén alakul át. Vagyis az előzetes tudásra alapozva, azt átértékelve, átstrukturálva belsőleg építi fel új tudását a hallgató. Ezen új ismeret sokszor nem illik bele a korábbi ismeretek tárképébe, sőt néha teljesen ellentétes lehet velük. Ha a tanuló rendelkezésére álló korábbi ismeretek nem elegendőek, vagy megfelelőek az új ismeret megértéséhez vagy elfogadásához, akkor a rendelkezésre álló ismeretek átszervezésére, illetve újakkal való kicserélésére van szükség a sikeres tanuláshoz. Azok a hallgatók, akik a korábbi téves nézeteiket, ismereteiket képesek módosítani, hatékonyabb problémamegoldók lesznek. Az ilyen képességgel nem rendelkezők kevésbé tudják a hibás elgondolásokat kiszűrni, így felületes, ötletszerű problémamegoldókká válnak.

Garfield (1995 a) a statisztika oktatás 1980-1995 közötti időszakban történt fontosabb eseményeiről számolt be. 1980 után az elemi- és középiskolai tantervekbe is bekerült a statisztika tárgya, így gyökeresen megváltozott ennek szerepe. Több cikk írója foglalkozott a statisztika oktatásának nehézségeivel, a diákok tanulásával illetve hozzáállásával. Ezek a publikációk keveset foglalkoztak empirikus felmérésekkel, inkább a személyes tapasztalatok alapján íródtak. Hangsúlyozták a fogalmak kialakításának szükségességét a számítási készségek gyakorlásával szemben. Ezeken túlmenően a tanulmányok többsége javasolta valós adatok felhasználását, a problémamegoldást és a számítógépek alkalmazását. Ezek a javaslatok még napjainkban is aktuálisak. Bryce (2005) a statisztikusok alapvető képzési formáinak megváltoztatását javasolja, mind a tudomány, mind a piac igényeinek megfelelően. Ilyen módon szükség van a statisztikusok képzésében alkalmazott oktatási módszerek reformjára. A szerző arra igyekszik rámutatni, hogy a sikeres reformokhoz erőteljesebb graduális tanterv kidolgozása szükséges (BSc), amely elősegíti az erre épülő hatékonyabb képzést (MSc).

A statisztikai szemlélet vagy gondolkodás fogalmának, számos definíciója létezik. Az üzleti vagy ipari életben legtöbbször használt megfogalmazás szerint tanulási és munkafilozófia, amely a világra úgy tekint, mint egymással összefüggő folyamatok sorára, amelyet valamiféle változékonyság jellemez. Fontos feladat ennek a varianciának a megértése. Snee (1993) és mások úgy vélik, hogy ennek a szemléletnek a kialakítása legyen a statisztika oktatásának alapja. Kettenring (1995) szerint a statisztikusoknak el kell sajátítani a hatékony előadásmódot, mint képességet, hogy laikus feletteseik számára is érthető jelentéseket tudjanak készíteni, valamint tudásukat fel tudják használni a különböző kutatási területek közötti együttműködések kereteiben is.

Szakmai példákon keresztül történő oktatási elképzelésem egybecseng Bailar (1995) megfogalmazásával, miszerint bármelyik oktató, aki saját maga által kitalált és nem életszerű adatokkal szeretne megértetni, elmagyarázni valamit diákjai számára, a saját diákjait hozza hátrányos helyzetbe. Ha nem vagyunk képesek valós, életszerű példát találni akkor talán abban van a hiba, amit és ahogyan oktattunk.

Az oktatás metodikájának fejlődését rendkívül jelentősen és előnyösen befolyásolta, hogy 1982-ben alapították meg a Nemzetközi Tudományos Csoportot a Valószínűségszámítás és Statisztika Oktatásának Kutatására. A tagoknak hírleveleket küldenek és találkozót szerveznek a Nemzetközi Statisztika Oktatási Konferenciák keretén belül (ICOTS). A statisztika oktatás kutatása iránti érdeklődés megnövekedett és fejlődése köszönhető az ICOTS konferenciákon túl, a Teaching Statistics valamint a Journal of Statistics Education folyóiratok megjelenésének is.

Hazai vonatkozásban a statisztika oktatásának módszertanával meglehetősen kevés tanulmány foglalkozott korábban. Itt említeném meg Nemetz Tibor fáradhatatlan küzdelmét a valószínűségszámítás és statisztika oktatásáért a középiskolákban és konferenciák szervezéséért (Nemetz, 1980; 1983).

Az utóbbi években jelentős változások történtek. 2002-ben jelent meg Debrecenben a Teaching Mathematics and Computer Science c. folyóirat első száma, ami nagy lehetőséget kínál a statisztika oktatás kutatásában résztvevők tanulmányainak a publikálására. Ezen kívül 2005-ben megalakult a Magyar Statisztikai Társaság Statisztika-oktatási Szakosztálya. Szakmai ülésein elhangzott előadások több alkalommal foglalkoztak a statisztika oktatásával a középiskolákban és a BSc képzésben.

Számos hazai statisztika könyv (Arató, 1979, Baráth Cs.-né és munkatársai, 1995, Rappai, 2001, Jánosa, 2005) tartalmaz új megközelítéseket az oktatás módszertanát illetően. Ezek különböző programcsomaggal támogatott statisztika oktatásában nyújtanak segítséget. A legtöbb hazai statisztika tankönyv azonban még mindig a hagyományos, számítógépet nem alkalmazó módszerekre épül.

A statisztika oktatás fontos szerephez jut a felsőoktatási tantervekben. Szinte minden tudomány- és szakterület nélkülözhetetlen fontosságúnak tartja alkalmazását a kutatási eredmények megértéséhez, oknyomozó értelmezéséhez szükséges készségek kialakítását. Ahhoz, hogy a felsőoktatásból kikerülő hallgatók sikeres gyakorlati szakemberekké váljanak, szükséges a kutatási alapelvek és azok eredményeinek megértése, tisztelete, és kritikus használata. A szakirodalomban széleskörű érdeklődés alakult ki a tárgy hatékonyabb oktatását elő-

segítő módszertani gyakorlat irányában. Ennek az az oka, hogy a statisztikai fogalmak, alapelvek legtöbbször nagyon elvontak és nehezen érthetőek a hallgatók számára. Több kutató a számítógépes szimulációk alkalmazását (CSM) javasolja a könnyebb megértés érdekében. Áttekintve az irodalmat, ugyanakkor azt láthatjuk, hogy nagyon kevés empirikus elemzés áll rendelkezésre a módszer hatékonyságát illetően (Mills, 2002). Fontos változás az oktatásban, a számítógéppel támogatott órák bevezetése, különösen a felsőoktatásban. A számítástechnika erőteljes fejlődésének köszönhetően a személyi számítógép egyre több diák számára könnyen hozzáférhető eszközzé vált. Goodman (1979) szerint egyszerűbb statisztikai számításokhoz a tanárok és diákok saját programjait is használhatják, míg összetettebb feladatok esetében sok kereskedelmi szoftvere csomag közül válogathatnak. Számos könnyen elérhető felhasználó-barát statisztikai programcsomag látott napvilágot (példaként: SAS, SPSS, Statistica, MINITAB). Bármilyen használt programcsomag, a személyi számítógép mindenképp a legjobb eszköznek bizonyult a statisztika tanításában. A számítógépek alkalmazásának egyik nagy előnye, hogy lehetővé teszik a bonyolultabb számítási műveletek gyors és hatékony elvégzését. A hallgatók figyelme felszabadul, így sokkal inkább a statisztikai alapelvekre irányulhat. A számítógép nemcsak hatékony és nagyteljesítményű számítások elvégzését teszi lehetővé a hallgatók számára, hanem segít a különböző statisztikai alapelvek jobb megértésében továbbá olyan környezetet teremt a hallgatóknak, ahol kipróbálhatják az elméleti ismereteikhez kapcsolódó gyakorlati lépéseket és technikákat is. Azok a tanulók, akik a szoftvere alapú statisztikai adatelemzésben aktívan vettek részt, sokkal könnyebben megértették és alaposabban el tudták sajátítani a háttérben álló alapelveket. Mills (2002) felhívja a figyelmet olyan módszerek kidolgozására, amelyek segítségével mérni lehetne ezen oktatási forma hatását a tanulók megértési és tanulási folyamataira. A személyi számítógépek megfelelő alkalmazása nemcsak pozitív tanulási előnyökhöz juttatja a hallgatókat, de egyre nagyobb szerepet kap a statisztika oktatásában is, mivel alkalmazásuk számos lehetőséget kínál az oktatónak pedagógiai és oktatási céljainak hatékony eléréséhez. A legtöbb egyetemi, főiskolai oktató a statisztikai programcsomagokat elsősorban hétköznapi adatelemzéses feladatok megoldatásához használja, gyakran abban a reményben, hogy ez által elősegítik az ismeretek hatékonyabb megértését és elsajátítását. Ezek a feladatok lehetővé teszik a hallgatók számára, hogy az adatelemzés mechanikus lépéseit jól begyakorolják (Marasinghe és munkatársai, 1996). Azonban ha ezeket az adatelemzési módszereket a szoftverecsomagok használatán keresztül el is sajátítják a diákok, az elvont fogalmak megértése továbbra is nehézkes maradhat

a számukra. Ward és munkatársai, (1996) szerint a hallgatók adatelemző képessége a nagy sebességű pc-s számítások révén hatékonyabbá válik. A diák motivációját és jobb megértését elősegítő módszer bevezetése az adatelemzésben kifejezetten javasolt, különösen az alapszintű kurzusokban, mivel számos előnnyel bír a hagyományos megközelítéshez képest. A megtanult ismeretek és megoldáshoz használt lépések általánosíthatók, így egyéb jövőbeni problémák megoldásához is használhatók. Több számításigényes feladat rövidebb idő alatt megoldható. A szakirodalomban többen is (Gordon és Gordon, 1989) kiemelik a számítógépes oktatásnak azt az előnyét miszerint elősegíti a nehéz, elvont fogalmak könnyebb megértését. Az elérhető számítástechnikai programcsomagokra alapozva egy alap adatelemzési feladathoz további elemzési feladatokat lehet csatolni, melyek segítségével újabb statisztikai alapelvekkel ismerkedhetnek meg a hallgatók, a számítógépes szimulációk alkalmazása révén.

Prvan és munkatársai (2002) támogatják a programcsomaggal támogatott oktatást. Tanulmányuk három programcsomag (MINITAB, az SPSS és az Excel) gyakorlati oktatásban történt bevonásának tapasztalatairól ír. Megállapításuk szerint mindhárom programcsomag sikeresen alkalmazható a bevezető statisztika tárgy gyakorlati oktatásában, hiszen a legtöbb statisztikai vizsgálat megoldható velük. Alkalmazásuk nagyban növeli az oktatás hatékonyságának színvonalát. Érveik szerint azok a labor órák segítik igazán a hallgatókat a statisztikai alapelvek könnyebb elsajátításában, függetlenül attól, hogy milyen statisztikai programcsomagot használunk, melyek gyakorlati problémák megoldásán illetve az egyéni ötletek megosztásán alapulnak. Véleményük szerint a statisztikai alapelvek pusztán szemlélődés révén nem elsajátíthatóak. A hallgatók a tényleges gyakorlás révén képesek megfelelően elsajátítani a szükséges ismereteket, megfelelő statisztikai programcsomagokkal és kollektív diszkuszióval támogatott gyakorlati feladatok segítségével. A statisztikai alapelvek elsajátítására a labor órákat konstruktivista illetve relacionista ismeretelméletekre alapozva dolgozták ki. A konstruktivista ismeretelmélet szerint a tanulási folyamat akkor sikeres, ha a statisztikai alapelveket a tanulók egyéni tapasztalatokat szerezve, ezeket aktívan feldolgozva, önmaguk számára érthetővé teszik és előzetes tudásukba beépítik (Garfield, 1995 b) A relacionista ismeretelméleti elgondolások szerint a tanulók a tanulási folyamatot az adott diszciplína és a saját tanulási környezetükhöz fűződő viszonyuk alapján ítélik meg. Ezen alapelvek az oktatásba történő adaptálása nem jelent mást az oktató számára, mint elősegíteni egyfajta mélyebb tanulási folyamatot, nem pedig egy felszíneset, melyet csupán a sikeres feladatmegoldásra való törekvés jellemez (Petocz és Raid, 2001). A számítógéppel támogatott gyakorlati feladatmegoldás

az elméleti órákon elsajátított alapelvek valós gyakorlatban való kipróbálását és elsajátítását tette lehetővé a hallgatók számára. A feladatokban számos kérdés arra irányult, hogy megmutassák a statisztikai elemzés célját, fontosságát, illetve azt, hogy mi mire alkalmazható a gyakorlati életben a különböző érintett tudományterületeken, ezáltal egyfajta pozitív hozzáállást segítve elő a tudományág iránt. A labor órák anyagai az adatgyűjtésre, adatbevitelre, az adatok grafikus és numerikus módon történő bemutatására, a modellillesztésre és a hipotézis vizsgálatra koncentráltak. A publikációban tárgyalják a szimuláció, mint problémamegoldó eszköz, alkalmazási lehetőségeit is. A szerzők alkalmazott metodikájának megfelelően, minden hallgató egy összefoglaló jelentést is készít. Így a hallgatókban, a kutatást végzők véleménye szerint, egy olyan kép alakul ki a statisztikáról, mint tárgyról, hogy az egy érdekes oknyomozó tudomány. A kiscsoportokban történő oktatás során 2-3 hallgató közösen használt egy számítógépet, ezáltal lehetőség adódott arra, hogy az adott problémát egymás között is megvitathassák. Az ilyen típusú labor órák egyik célja az, hogy a hallgatók a statisztikai alapelveket együttműködve sajátíthassák el. Garfield (1995) a statisztika tanulásának számos olyan alapelvét említi meg, amelyeknél megvizsgálható, hogy az említett laboratóriumi órák mennyire sikeresek a tananyag elsajátításának megkönnyebbítésében. Ide olyan alapelvek tartoznak, melyeket a tanulók legkönnyebben úgy sajátíthatnak el, ha kisebb csoportokban dolgozva aktívan részt vesznek egy feladat megoldásában. Ezáltal, amit jól begyakorolnak, azt sajátítják el helyesen, illetve képet kapnak a fejlett technika által nyújtott adatfeldolgozás és vizualizáció előnyeiről, alkalmazási lehetőségeiről, ami jelentősen fogja segíteni jövőbeni munkájukat. Garfield (1995) azt is megjegyzi, hogy a kiscsoportos munka révén sokkal pozitívabb hozzáállás alakul ki a tanulóknál a matematikai statisztika iránt, továbbá a szóbeli és írásbeli adatértékelés elősegíti az adott alapelv jobb megértését. Biehler (1993) szerint a diákoknak már nem csak a statisztikai ismereteket kell elsajátítaniuk, hanem a statisztikai gondolkodást fejlesztő és feladat megoldó szoftverek eszközeit is. Biehler (1997) két projekt keretében 120 diák adatait dolgozta fel. Ennek eredménye részben megerősíti, részben ellentmond eddigi, a különböző szoftverek használatáról alkotott felfogásának a bevezető statisztika tárgy esetén. Az adatok számítógépes feldolgozásánál a diákok nehézségeit elemzi és 25 problémás területet azonosít be. Ezek szerint többek között gyakran okoz gondot a hallgatóknak az eredmények helyes értékelése és a megfelelő terminológia használata. Fontos, hogy a diákok rájöjjenek arra, hogy egyetlen módszer vagy grafikon kiválasztása és alkalmazása nem minden esetben elégséges, ugyanis hajlamosak elfelejteni a grafikonok és módszerek értelmét és azt a tényt, hogy

ezek egy bizonyos feladat megoldására készültek. Nehézséget okoz, hogy egy valós problémát statisztikai problémává transzformáljunk, statisztikai módszerekkel elemezzük, majd az eredményeket valós probléma környezetében kiértékeljük. Egy szakmai feladat megoldása egy kiválasztott szoftverrel is hasonlóan zajlik, hiszen azt itt is meg kell fogalmazzuk a statisztika szemszögéből, majd átültetjük azt a szoftverre és a későbbiekben a számítások eredményeit értelmezzük a statisztikai következtetések elmélete segítségével.

A számítógépes szimuláció

Mills (2002) a számítógépes szimulációs módszerek alkalmazásának négy különböző esetére hívja fel a figyelmet. Az elsőben a diákok saját maguk írják meg a programot, ebben egy adott problémára kidolgozott modellt állítanak fel, majd a kész modellt tesztelik. A másodikban a hallgatók hasonló előnyöket élveznek azáltal, hogy egy véletlen számgenerátor segítségével mintasort állítanak elő (Excel vagy MINITAB), majd pedig ezt elemzik. A harmadik az előző a kettő kombinációján alapul, ahol az oktató írja meg a programcsomaghoz köthető makrót (SAS vagy SPSS), a hallgatók pedig szabadon kísérletezhetnek az alapparaméterek megváltoztatásával. A negyedik esetben a kifejezetten szimulációs célokra kifejlesztett programcsomagok használatát javasolja a szerző (pld. „Minta Eloszlás Program”). Kersten (1983). szerint a szimulációra épülő módszerek alkalmazása révén a hallgatóknak lehetőségük van a statisztikai alapelveknek és fogalmaknak saját maguk által szerzett élmények révén történő igazolására. Így a nem kifejezetten matematikai vénával rendelkező hallgatók is, időráfordítás szempontjából hatékonyan, elsajátíthatják, megérthetik az alapvető statisztikai fogalmakat. Továbbá azáltal, hogy a hallgató a saját maga által generált, előállított adatokkal dolgozik, a szerzett tapasztalat és végeredmény is sokkal meggyőzőbb a számára. A diákok a saját megértésüket egy dologgal kapcsolatban az új információval való aktív interakció révén alakítják ki (Glaserfeld, 1981). A számítógépes szimuláció lehetővé teszi a hallgatónak, hogy ismert paraméterekkel rendelkező populációból származó véletlen mintákkal dolgozva, saját maga értsen meg nehéz, elvont statisztikai alapelveket és tételeket. Például, a hallgatók különböző mintasorokat tudnak generálni nem normális eloszlású populáció adataiból és ki tudják számolni minden egyes minta átlagát. A mintaátlagok hisztogramjainak vizuális elemzése alapján könnyen belátják, hogy a mintaátlagok eloszlása közel normális eloszlású lesz. A számítógépes szimulációk alkalmazása itt alapvető fontosságú, hiszen az elvont nehezen megérthető statisztikai fogalmak így vizualizálhatóvá vál-

nak számos statisztikai programcsomag segítségével (pld. Excel és MINITAB). A könnyebb megértés pedig elősegíti a könnyebb elsajátítást, ezért a módszer alkalmazása különösen kezdő kurzusokban előnyös a hallgatók tanulásának hatékonysága szempontjából. A számítógépes szimulációknak, a statisztika oktatásba való bevezetésével a diákok lehetőséget kapnak arra, hogy a statisztikai fogalmakat önmaguk által szerzett tapasztalatok révén értsék meg. A hallgató ebben az esetben is az oktató hatékony támogatásával szerzett tapasztalatokból építi fel tudását. Azok a hallgatók, akik aktívan részt vesznek saját tudásuk felépítésében, sokkal inkább lesznek képesek az önálló probléma megoldásra. Mills (2002) 1983 és 2000 közötti időszakból 18 tanulmányt tekintett át, amelyek kifejezetten számítógépes szimulációval, mint a statisztika órák egyik oktatási eszközével foglalkoznak. Ezek között csupán egy alapult empirikus vizsgálatokon. Bár sokan hangsúlyozzák a módszer alkalmazásának fontosságát és előnyeit, nagyon kevés az olyan tanulmány ami empirikus adatok alapján vizsgálja a módszer tényleges hatékonyságát. Nagyon sok oktató, aki a számítógépes szimulációkat alkalmazza a statisztika oktatásában, egyetért abban, hogy módszereit a konstruktivista ismeretelméleti elképzelésekre alapozva kell kidolgozni. Ugyanakkor a legtöbb publikáció, ami a számítógépes szimuláció alkalmazásával foglalkozik, csak kevésbé, vagy egyáltalán nem közöl információt az alkalmazott módszer ismeretelméleti háttéréről.

A számítógépes szimulációknak a valószínűségszámítás és statisztika oktatásában történő alkalmazására, a legtöbbet emlegetett példa a centrális határeloszlás tétel, hipotézisvizsgálat, konfidencia intervallum, regressziószámítás és az idősorok vizsgálatához kötődik.

A Centrális határeloszlás tétel (CHT) ismerete nélkülözhetetlen a statisztika oktatásában. Ennek alkalmazásával tudja helyesen elsajátítani a hallgató azt a tényt, miszerint az átlag valószínűségi változó. Ennek megértését nagyban segítik a szimulációs módszerek alkalmazása. Yu és munkatársai (1995) arra a következtetésre jutottak, hogy bár a CHT néhány jellemzőjét nagyon jól be lehet mutatni a számítógépes szoftverek alkalmazásával, számos elvontabb fogalom oktatását nem számítógépes környezetben kellene elvégezni, hiszen bármely alkalmazott módszertani megközelítésnek vannak bizonyos korlátai. Az a feltevés, hogy a szimulációs módszerek alkalmazásával a tanulók saját maguk építik fel a CHT-hez kötődő ismereteiket, nem jelenti azt, hogy az oktatónak semmilyen oktatási szerepe nincs a tudás kialakításában. Érdemes lenne azonban több figyelmet fordítani ezen módszernek a hagyományos módszerekkel való vegyes alkalmazására, és eredményességének értékelésére. Dambolena (1986) szimulációs módszer választását javasolta a Student féle t-eloszlás fogal-

mának ismertetésére valamint a hisztogramok konstruálására, melyek segítségével könnyebben bemutatható, hogy a minta elemszámának növekedésével az átlagérték körül egyre szimmetrikusabb eloszlás alakul ki. Habár Dambolena (1986) és Gordon és Gordon (1989) határozottan bátorítanak a számítógépes szimulációk és kapcsolódó diagrammok alkalmazására a t-eloszlás könnyebb megértetéséhez, állításuk szerint nincs egyértelmű bizonyíték arra, hogy ez a megközelítés hatékonyságát tekintve felette áll a hagyományos módszertani megközelítéseknek. Mindenesetre, az előbbi javaslat figyelembe veszi, hogy az adott fogalmat ne a tankönyvből olvasott ismeretek egyszerű gépi elfogadása révén tanulja meg a hallgató, hanem az adott fogalom jellegzetességeinek gyakorlati úton történő megtapasztalása révén. Tehát ezeknél a fenti szerzőknél is a konstruktivista ismeretelméletre alapozott módszertani megközelítés figyelhető meg.

Konfidencia intervallumok: Kennedy és munkatársai (1990) szimulációs módszerek alkalmazását javasolták a mintavételi hiba és a konfidenciaintervallum fogalmának elsajátítására. A hallgatók egy véges adatokból álló mintát kapnak, melyre kiszámolják az átlagot és a szórást. Ebből a mintából minden egyes hallgató újabb mintákat generál (bootstrap), melyek alapján meghatározzák a várhatóérték 95%-os konfidencia intervallumait. Ezek után meghatározhatják, hogy a generált minták konfidencia intervallumai közül hányba esik bele az eredeti minta átlagértéke. Marasinghe és munkatársai (1996) szintén kidolgoztak egy oktatási modult a hozzá kapcsolódó szimulációs programmal együtt a konfidencia intervallum fogalmának oktatására. A kidolgozott modul arra helyezi a hangsúlyt, hogy a konfidencia intervallumok mintáról mintára változnak, mit is jelent a megbízhatóság, és a mintanagyság illetve a megbízhatósági szint hogyan befolyásolja a konfidencia intervallumot. Hesterberg (1998) olyan szimulációs programokat mutatott be, amelyek alkalmazása révén a tanulók a megszerzett tapasztalatok alapján intuitíve érthetik meg a konfidencia intervallum fogalmát. Egy interaktív programnyelvre (S-Plus) épülően 30 db konfidencia intervallumot ábrázoltak grafikusan vízszintes vonalak segítségével, míg a valódi átlagértéket egy függőleges vonallal, így téve lehetővé a fogalomnak vizuális módon történő megértését. Anderson-Cook (1999) hasonló felfogásban tanította a konfidencia intervallum fogalmát.

Hipotézis vizsgálat: A hipotézisvizsgálat problémaköre egyike a legnehezebben megtanítható és megérthető témáknak. Az itt előforduló fogalmak valóban elvontak és kevésbé érthetőek meg csupán könyvből történő olvasás révén. A számítógépes szimulációs módszerek alkalmazása, mint konstruktív ismeretelméletre alapozó módszertani megközelítés jó alternatívát nyújthat itt

is. Számos kutató kifejezetten javasolja a számítógépes szimulációs módszerek használatát a hipotézis vizsgálat, az első illetve másodfajú hiba problémakörének tanításában. Vaughan (2003) a hallgatók és az oktató között elektronikus úton történő kommunikációs lehetőséget is kihasználja a statisztika oktatásában miszerint a hallgatók a házi feladatok megoldásait e-mailen küldik el az oktatónak. Az összegyűjtött megoldásokat közösen is kiértékelik. Minden hallgató véletlenszerűen választ ki egy mintát ugyanabból a sokaságból és a félév során ezt dolgozza fel a gyakorlatokon, illetve otthon Excellel.

A modern statisztikai programcsomagok lehetővé teszik a diákok számára a grafikus, vizuális alapú normalitás vizsgálatot (QQ plot; PP plot) a hagyományos tesztekkel szemben. A statisztika kurzusok során oktatott egyik fontos témakör a variancia fogalmához kötődik. Ennek a megértése különösen fontos a nem matematikus hallgatók számára. Garrett és munkatársai (2001) tanulmányukban egy nem szükségszerűen normális eloszlású populációból származó k minta ($k > 2$) varianciájának összehasonlításával foglalkoznak. Ha az órákon nem kerül sor a szórásanalízis tárgyalására, akkor hatékony megoldásként javasolják az egyszerű box-plotot, amely az adatoknak az átlagtól vagy a mediántól való abszolút eltéréseit használja. Az adattranszformáció a statisztika egyik fontos eszköze ami elősegíti az adatok tulajdonságainak jobb megértését, ezek grafikus úton való ábrázolását.

Regresszió analízis: Franklin (1992) a véletlen hibák szimulációjával és hatásuknak vizsgálatához újszerű megközelítést ad a regressziós illesztés oktatásában. Javaslatot tesz a MINITAB-bel történő szimulációk alkalmazására a lineáris regresszió főbb jellegzetességeinek bemutatásához. A véletlen hiba jelenséget, egy standard normál populációból történő véletlen mintavételezés segítségével szemlélteti. A hallgatók kiválaszthatnak egy lineáris modellt és a véletlen hibát ehhez adják hozzá, majd az így kapott értékekre a legkisebb négyzetek elve alapján illesztik az egyenest. Így a becslt b_0 ; b_1 értékek és a populáció paraméterei közötti kapcsolatot a hallgatók maguk fedezhetik fel. Armero és munkatársai (2002) labor órákon szintén szimulációs módszerekkel mutatják be a legkisebb négyzetek elvével becslt lineáris regressziós becslések tulajdonságait. Foglalkoznak ezen becslések eloszlásával és meghatározzák a korrelációs együtthatójukat is, ami minden esetben negatív érték. A vizuális módon történő megértést a jó ábrák segítik. A szerzők hangsúlyozzák, hogy az ilyen órák nagyszerűen kiegészítik a statisztika elméleti oktatását. Prvan és munkatársai (2002) szerint regressziós egyenes előállítását programokkal (MINITAB, SPSS és Excel) egyszerű. Eisenhauer (2003) az origón keresztül haladó lineáris regressziós egyeneseket illeszt Excel és SPSS programcsomag

alkalmazásával. Az egyenesek egyenletei és a standard hibák mindkét esetben azonosak. Kis mértékű eltérés tapasztalható az F és R^2 értékei között mivel különböző módon határozzák meg ezeket. Eisenhauer (2003) az SPSS eredményét javasolja elfogadásra.

Véletlen mintavétellel történő eloszlásvizsgálat: A számítógépes szimulációk alkalmazása, mint konstruktivista megközelítés, a minták eloszlástípusainak tanulmányozásához és az eloszlás fogalmának megismertetéséhez nagyon igéretes, számos szerző kifejezetten javasolja ezt. Hodgson és munkatársai (2000) TurboPascal programot használtak és számítógépes szimulációkat alkalmaztak véletlen mintavétellel történő eloszlásvizsgálatokhoz. A hallgatók jobb teljesítménye egyértelműen a szimulációs feladatokhoz kötődő több gyakorláshoz köthető, melyekkel a fogalmak jobban megérthetőek és elsajátíthatóak. A tanulók aktív részvétele a feladatmegoldásban elősegítette az adott alapelv, saját maguk által szerzett élményekre építő jobb megértését, és a hatékonyabb probléma megoldást. A jobb megértés elősegítésére delMas és munkatársai (1999) a diákok felfedezései, önálló tapasztalatszerzését szem előtt tartó Sampling Distributions nevű programcsomagot használták és ehhez kötődő tananyagot dolgoztak ki. A program segítségével a hallgatók meghatározhatták egy populáció eloszlástípusát, illetve tanulmányozhatták, hogy véletlen mintavételen alapuló szimulációval generált részminták összehasonlítása révén, a minta eloszlástípusa a mintaméret változásával hogyan változik. Az elkészített grafikus ábrázolások segítségével vizuálisan érthették meg a hallgatók az eloszlástípusok és azok változásának viselkedését. A program használata előtt és után tesztelték a diákok megértési képességét. Tapasztalataik szerint a programcsomagok alkalmazása ugyan gazdagabb tanulási környezetet teremt, de a számítógépes szimulációk önmagukban nem garantálják a fogalmak megértését és a tudás kialakulását.

A statisztika oktatás hatékonyságának vizsgálatára delMas et al. (1999) által kidolgozott modell a következő lépéseket tartalmazta:

Mi a tanulási probléma természete? Mi az, ami konkrétan nem működik az óra keretein belül? Milyen nehézségekkel néznek szembe a tanulók egy adott témakör, vagy pedig egy feladat megoldása kapcsán? A probléma felismerése és a problémás feladattípusok meghatározása a tanár órán gyűjtött tapasztalatain alapul melyet a diákok szóbeli vagy írásbeli feleleteiből, munkájából és visszajelzéseiből szűr le illetve reflektál ezekre a nehézségekre. Ahogy világosabbá válik a probléma természete, az oktató az okok felderítésében publikált eszközök alkalmazásához nyúlhat, hogy megértse mi az amire az eddigi kutatások

fényt derítettek az adott szituációval kapcsolatban illetve minek a felderítésére van még szükség?

Milyen módszertani megközelítéssel lehet orvosolni a tanulási problémákat? A tanulási probléma kiiktatására új eszközöket vezethetünk be az oktatásban, új megközelítést alkalmazhatunk a régi helyett, nem beszélve az alternatív módszerek alkalmazásáról.

Milyen bizonyítékot és hogyan nyerhetünk arra vonatkozóan, hogy az újonnan alkalmazott módszertani megközelítés hatékony volt a tanulási problémák kiküszöbölésében? Honnan tudja a tanár, hogy a módszer vagy tananyag sikeres? Milyen eszközöket alkalmazzon az értékelésben? Milyen adatokat kell gyűjteni az értékeléshez és mi maga az értékelés módszere?

Mi a következő megteendő lépés? A nyert tapasztalatok alapján, ha egyszer lementek az újonnan bevezetett módszer értékelését célzó vizsgálatok akkor célszerű tovább vizsgálódni, hogy megállapítsuk meg jelenik-e újra a tanulási probléma? Szükség van-e további módosításokra a tanulás hatékonyságát elősegítendő? Hogyan gyűjtsünk és milyen újabb adatokat az újabb értékeléshez?

Abban mindenki egyetértett, hogy a számítógépes szimulációs feladatok alkalmazása egyértelműen elősegíti a nehezebben felfogható, elvont fogalmak könnyebb megértését. Számos cikkben bemutatott innovatív módszertani ötlet hatékonyságát szükségszerű lenne empirikus adatokkal is bizonyítani. A néhány empirikus elemzést is tartalmazó tanulmány szerint a számítógépes szimulációs módszertani megközelítések csak a kevésbé jó készségekkel rendelkező tanulók esetén voltak hatékonyak. A tanulási folyamat akkor tűnt igazán hatéklynak, amikor a szimulációs feladatok kiegészültek olyan feladatokkal, amelyek révén a hallgatók képesek voltak a problémával kapcsolatos ismeret hiányukra, vagy hibás ismereteikre önmaguk rávilágítani a szerzett tapasztalatok alapján. Az empirikus vizsgálatok hiánya talán annak tudható be, hogy nagyon nehéz és idő- illetve munkaigényes a módszertani vizsgálatok menetének kidolgozása és lebonyolítása. Ahogy azonban a számítógépek egyre nagyobb szerephez jutnak mindennapi életünkben, teljesítményünkben és az oktatásban is fontos az empirikus adatokra épülő vizsgálatok alkalmazása ezek hatékonyságát illetően (Garfield, 1995b). A számítógépes szimulációk hatékony eszköznek bizonyultak. A jövő kutatásainak feladata lehet, hogy megnézzék a valós fizikai szimulációk szerepét ebben a folyamatban mondjuk a tisztán számítógépes szimulációkkal szemben, vagy akár együttes alkalmazás esetén is megfelelő ismeretelméleti háttérre vonatkozóan. Mivel a jövőben egyre inkább diákközpontúvá válik az oktatás, ahol fontos a diákok teljesítménye, az új módszertani megközelítések eredményességének empirikus vizsgálata alapvető

fontosságú lesz és marad is. A felhasználóbarát programok órán való alkalmazásával az oktató növekvő mértékben töltheti be az instruktori szerepet, ami megint csak a konstruktivizmus egyik alapeleme. A konstruktivista elképzelések egyik fontos alappillére, hogy a tanulók önálló aktív tapasztalat szerzés révén építsék fel új tudásukat, amely ahogy Hesterberg (1998) is javasolja, a megfelelő programsomag alkalmazásával megvalósítható kitétel.

Módszertani áttekintés. A konstruktivizmus

Számos kutató és pszichológus úgy véli, hogy a diákok új tudásukat aktívan építik fel, részben egyénileg, előzetes tudásukra alapozva, részben a külső környezeti és szociális hatások eredményeképpen. Az új ismeret kialakulását, a régi ismeretek módosítása révén nagyban meghatározzák a tanulási, szociális környezeti tényezők, mint a nyelv, kulturális hasonlóságok vagy különbözőségek, illetve a társakkal való hatékony kommunikáció, interakció (Cobb, 1994). A konstruktivista elképzelések szerint, a tudás nem passzív módon alakul ki, hanem az új ismerettel való aktív interakció révén (Glaserfeld, 1987). Függetlenül attól, hogy az oktató mennyire érthetően, világosan magyarázza el az új fogalmakat, a diákokban ezen új ismeret tudássá csak a saját maguk által történő megértés révén alakul át. (Glaserfeld, 1987). A tanulási folyamatban a tanár fontos irányító és támogató szerepet kell betöltsön, nem pedig pusztán „tényátadó” szerepet. A csoportmunkán alapuló interakció és diszkusszió, pedig nélkülözhetetlen elemei kell legyenek ennek a folyamatnak. Glaserfeld (2000) szerint az oktatás területén sokszor saját tapasztalataink, céljaink és elvárásaink alapján konstruáljuk a gyermekekről alkotott képünket. Mint oktatási módszer a konstruktivista megközelítés bármilyen oktatási, szociális szituációban alkalmazható. A konstruktivista megközelítés alkalmazásakor az oktatásban az oktatónak figyelembe kell vennie számos résztényezőt úgy, mint milyen ismerettel rendelkeznek a diákok és azt milyen módon tudják egymás között átadni, az egymással való interakció révén hogyan képesek az ismeretükre alapozva bizonyos kérdésekben, konszenzusra jutni. Illetve milyen módon tesztelik a megbeszélés által meglevő ismereteiket majd a kapott válaszok függvényében hogyan módosítják azokat. Mvududu (2005) tanulmánya, ötleteket kíván adni arra vonatkozóan, hogy ezt a konstruktivista ismeretelméleti tudást hogyan ültessük át a gyakorlatba. A konstruktivista ismeretelméleti megközelítés nagyon közkedvelt számos oktatott tárgy módszertanában. Különösen nagy jelentőséget szerzett a természettudományos tárgyak és a matematika oktatásában, ahol a konstruktivista tanulási környezet megteremtése sok-

kal hatékonyabbá tette a tanulási folyamatot. A konstruktivista ismeretelméleti elképzeléseket a behaviorista ismeretelméleti modellek éles ellentétpárjaként szokták bemutatni. A viselkedés pszichológia a viselkedésben bekövetkező változásokat tanulmányozza nem pedig a mentális állapotban bekövetkezőket. A tanulás olyan folyamat, amely a tanuló megfigyelt viselkedésében bekövetkező változást jelenti. Ez a viselkedésbeli változás pedig az adott tanulási környezetben az egyén válasza a adott szelektív megerősítés révén alakul ki. Az elmét, mint üres lapot tekintik, amit tartalommal kell megtölteni. Vagy olyan tükörnek, ami a valóságot adja vissza. A behaviorista megközelítések tehát erre a gondolatkörre alapozva arra fókuszálnak, hogy a diákok minél nagyobb tudást szerezzenek a természeti világról, a tanár feladata pedig ezen tudásanyag átadásának segítése. Mivel az információ átadásán van a hangsúly, a diákok a tanár teljes irányítása, utasításai révén sajátítják el az ismereteket passzív módon. A behaviorizmust gyakran objektív ismeretelméleti megközelítésként is emlegetik. Míg a behaviorista megközelítések a megfigyelhető, külső viselkedési formák szerepét hangsúlyozzák, kevés szót ejtenek olyan folyamatokról mint gondolkodás, jelentéstartalom, képzet. A konstruktivista megközelítés ezzel szemben sokkal inkább elméletibb, kognitívabb. A tudás megszerzésének mechanizmusa, a különböző ismerettípusok, a tanár és a tanuló szerepe a tanulási folyamatban, a tanulási célok meghatározásának módja más módon van prezentálva a konstruktivista ismeretelméleti megközelítésekben. Két fontos alappillére van a konstruált tudásnak (Hoover, 1996). Az első, hogy a diákok a meglevő ismereteikre alapozva építik fel az új tudást. Nincs tehát üres lap elme, amibe be kell égetni az új ismeretet. E helyett a tanulók bizonyos ismeretanyaggal rendelkeznek, amit korábbi tapasztalatokból szereztek, ezt magukkal hozva az új ismeretek felépítése egyrészt a tanulási környezetben megszerzett új élményeken alapul, másrészt befolyásolja ezt a már meglevő ismeret is. A tanulási környezet azt a gondolatilag egységes, határozott elméleti alapokon nyugvó, a tanulási folyamatot befolyásoló összes fontos tényezőt magába integráló rendszert jelenti, amelynek keretei között a valóságos iskolai tanulás végbemegy. (Nahalka, 2002) A másik fontos alappillér, hogy a tanulás inkább aktív, mint passzív folyamat (Hoover, 1996). A megértés az új tanulási környezetben szerzett élményeken alapul. Ha ebben a környezetben szerzett élmények alapján levonható következtetések inkonzisztensek a már meglevő ismeretekkel, akkor az eredetileg megértett ismeretek módosulhatnak, beépítve a megszerzett új élményeken alapuló tudást. Itt a tanuló aktív résztvevője az egész tanulási folyamatnak: hasznosítva a meglevő ismereteket, az új tanulási élmények révén szerzendő ismeretanyagról pozitív vagy negatív véleményt ala-

kítanak ki, annak függvényében, hogy az mennyire konzisztens a korábbi ismeretekkel. A pozitív döntés eredményeként pedig, az eredeti ismeretanyag módosulhat az új ismeretek beépítésével. A statisztikát oktatók számára az igazi kihívást az jelenti, hogy olyan ismeretátadási formát találjanak, amely segítségével a diákok a statisztikai alapelvek hasznosságát képesek megérteni, mint a modern társadalomban zajló folyamatok elemzésének egy fontos eszközét. A statisztikát oktatók többsége egyetért azzal, hogy az oktatásban az adatokra és a statisztikai érvelésre kell nagyobb hangsúlyt helyezni, szemben az eredmények értelmezéséhez kapcsolódó matematikai háttérismeret átadásával illetve a minél nagyobb számú elemzési módszer bemutatásával (Gal and Ginsburg, 1994). A statisztika oktatásában végrehajtandó változtatások többségének célja a hatékonyabb ismeretátadás feltételeinek kialakítása volt. Az órára érkező diákok mindegyike rendelkezik azonban bizonyos értékítélettel saját képességeit illetően. Ez és mindazon érzelmek összessége amit az órára hoznak jelentősen befolyásolja a tárgy iránti szorongásuk mértékét, és ez csak kisebb mértékben befolyásolható a tanár által. A konstruktivista nézetek szerint a tanulási folyamatot nagymértékben befolyásolja a tanulási környezet, de a diákok adott tárgy iránti elképzelései, elvárásai is. A tanár által megteremtett tanulási környezet tulajdonságai, illetve a diákokban a tárgy iránt kialakuló nézetek, előítéletek sokszor együttesen hatva megakadályozhatják a tanár azon erőfeszítéseit, hogy az órán kitűzött oktatási céljait sikeresen megvalósíthassa. Gal és Ginsburg (1994) szerint az oktatónak nagymértékben figyelembe kell venni a diákok érzelmi állapotát és a tárgy iránti hozzáállást, hiszen ezek alapvetően befolyásolják a tanulási folyamat sikerességét. Megfelelő támogatást nyújtó tanulási környezet megteremtése révén igen is elősegíthető az órákon való jobb teljesítmény, függetlenül a statisztikáról, mint tudományterületről alkotott nézetekről. A kutatók a konstruktivista megközelítés nem egységes mindenható alkalmazását hangsúlyozták. Csupán bizonyos elemek hatékony oktatásba történő beépítését, mint például a csoportalkotás, csoportmunka, aktív tanulási folyamatok adaptálása, komplex tanulási környezet megteremtése, támogatás nyújtása az ismeretépítésben, illetve a problémamegoldásban, megtanítva a diákokat, hogy vállaljanak felelősséget önmaguk és társaik iránt. A statisztika oktatásának egyik fő célja az, hogy rugalmas problémamegoldó és adatfeldolgozó képességeket alakítson ki a tanulóknak, nem pedig egyszerű mechanikus számolási és műveleti képességeket (Moore, 1990). A probléma megoldáson alapuló tanulási környezet kialakításához az oktatónak egy érzelmileg stabil, támogatást nyújtó légkört kell megteremtenie óráin, ahol a diákok nem érznek szorongást a kutatást, elméletek alkotását és tesztelését, a feltevések vizsgá-

latát, illetve az egyéni ötletek megosztását illetően. A diákok folytonos motiválása szükséges ahhoz, hogy folytassák olyan problémák vizsgálatát, ahol a pillanatnyi eredmények nem kielégítőek és esetleg további vizsgálatok szükségesek a kérdés egyértelmű eldöntéséhez. A konstruktív megközelítés alappillérei az oktatásban Garfield et al. (2002) szerint a következők:

1. A konstruktivista megközelítésre alapozó statisztikai oktatás tartalmilag komplex életközeli problémákra kell irányuljon. A valós élet és a számok közötti kapcsolat megteremtése az egyik legnehezebb feladat. Nem minden szám tekinthető ugyanis adatnak, a tartalmi háttér teszi őket azzá. Ezért szükséges, életközeli példák alkalmazása az oktatásban.
2. A diákokban a tárgy iránti szorongást kiiktatjuk, illetve megfelelő matematikai érettséggel rendelkeznek, akkor az, hogy különböző tudományterületeket művelnek, alapvetően nem befolyásolja majd a kurzus sikerét. A tudományterületek sokszínűsége, amelyet művelnek csak még szélesebbé és érdekesebbé teszi a megoldandó problémák körét. Ez pedig színesebb órákat fog eredményezni, mintha csak sima egyszerű mindenki által ismert példákat hoznánk a számukra.
3. Mivel az órákon a megfelelő statisztikai érvelésre, nem pedig a műveleti számításokra koncentrálunk, a kisebb matematikai háttértudással rendelkező diákok is könnyen elsajátíthatják a statisztikai alapelveket.
4. A diákoknak nem szükséges minden egyes szabály mögött rejlő matematikai bizonyítékok megértése, de meg kell érteniük a szabályokhoz kötődő érvelés mechanizmusát és fontosságát. A statisztikai érvelés megértését pedig a szakemberekkel közös munka és hatékony kommunikáció alakíthatja ki valós problémák megoldásán keresztül.

Az oktató vagy a gyakorlottabb nagyobb tudású diáktárs is tanácsadó lehet, segít hidat verni a tanuló már meglévő tudásállapota és egy következő, elérendő tanulási lépés, kialakítandó képesség között.

Összefoglalva: egy konstruktivista szemléletet megvalósító oktatónak képesnek kell lennie egy olyan komplex tanulási környezet megteremtésére, amelyben a diákok aktív résztvevőként egymással megtárgyalva, a véleményekre reflektálva alakítják ki a statisztikai problémákhoz kötődő alapelvek megértését. Az oktatónak figyelembe kell vennie ehhez a diákok oktatott témakörrel szembeni személyes érzéseit és az adott témával való azonosulását, valamint a tanulók egyéni gondolkodási folyamatait egy szinttel mélyebben mint amit a hétköznapi kommunikáció lehetősége ad.

2 A statisztika oktatásának körülményei az ELTE geológus szakán

2.1. A geológus szak

A szak képzési célját az Eötvös Lóránd Tudományegyetem Természettudományi Kara a következőképpen fogalmazza meg: „...olyan geológusok képzése, akik az ásványtan/kőzettan/ és őslénytan területén önállóan tudnak alapku-
tatási feladatokat megfogalmazni és megoldani, valamint tudásuk birtokában képesek magas színvonalon megtervezni és irányítani a nyersanyagkutatással, a környezetvédelemmel és a vízgazdálkodással kapcsolatos földtani tevékenységet (<http://ttkto.elte.hu/kredit/index.htm>).”

A szakról, az egyetem honlapján megjelentetett további geokémia/földtan információk között a következők olvashatók: „A hallgatók az első másfél évben az általános természettudományi alapozó tárgyak mellett földtudományi bevezető, valamint geológiai alapozó tárgyakat hallgatnak. A 3. félévétől kezdve egyre táguló lehetőség van a szak teljes tárgykínálatából a szabad, vagy meghatározott szakosodást eredményező, modulok szerinti válogatásra. A legáltalánosabb ismereteket az Általános Geológus modul kínálja, de lehetőség van Ásványtan-Kőzettan-Geokémiai, Őslénytan-Földtani, Hidrogeológiai-Környezetföldtani és Nyersanyagkutatási specializálódásra (<http://ttkto.elte.hu/kredit/index.htm>).”

A fenti meghatározás és információ bővebb tárgyalást igényel abból a szempontból, hogy megvizsgáljuk a matematika, valamint informatika tárgyak tematikáját és helyét a geológus képzésben és a geológusok napi gyakorlatában.

2.2. Matematika és statisztika a földtani munka gyakorlatában

A földtan és azon belül az alkalmazott földtan valamint annak egyes összetevőit (hidrogeológia, kőolajföldtan, műszaki és környezetföldtan, légi és űrfelvételek kiértékelése, geostatisztika) kutató és felhasználó szakemberek matematikai, és főleg statisztikai szemléletében az utóbbi 10-15 évben hatalmas fejlődés mutatható ki. A legutóbbi évtizedekig ezeket a tudományágakat zömében a leíró jelleg jellemezte. A földtani, hidrogeológiai, műszaki földtani, valamint ember által létrehozott szennyezések környezetföldtani jelenségeinek tanulmányozása a geológusokat elvezette annak felismerésére, hogy a földtani folyamatokban sok „szabálytalan” esemény történik. Ezek tanulmányozása során egyre nagyobb jelentőséget kaptak a statisztikai módszerek, amelyek segítettek értelmezni a megfigyeléseket. Ez a fejlődési folyamat ma is tart, mivel a statisztikai leírásra csak akkor kerülhet sor, ha megfelelő minőségű és mennyiségű megfigyelés áll rendelkezésre, amelyek előállítása napjainkban intenzíven folyik. A földtan és ezen belül az alkalmazott földtan által tanulmányozott jelenségeket néhány évtizede még determinisztikus módszerekkel vizsgálták. Feltételezték, hogy az adott jelenség összes ható tényezőjét jól ismerik és ilyen módon kellő pontossággal jelezhetnek előre térben vagy időben. Főleg a számítástechnika, a mérési technikák és a mintavételek számának robbanásszerű fejlődése miatt, azonban rá kellett jönni, hogy az ismeretek a vizsgált folyamat hatótényezői vonatkozásában nem kellően pontosak, vagy nem deríthetők fel. Ilyen módon bebizonyosodott, hogy a determinisztikus megközelítésnek jelentős korlátai vannak. Így szinte természetessé vált, hogy egyre nagyobb mértékben kerültek alkalmazásra a valószínűségelmélet alapjain nyugvó módszerek. Ezeknél eleve elvetik az előre meghatározottságot, helyett feltételezik, hogy valamely folyamat egyik állapotból egy másikba történő átalakulására több lehetőség is van. Ilyen esetben együttesen alkalmazzák a valószínűségelméletet és a matematikai statisztikát (Füst, 1997).

A sztochasztikus szemlélet nagy ütemben hódított teret a földtanban (Davis, 1973, 1986, 2002, Rétháti, 1985). Ennek részben az az oka, hogy a térstatisztika, geostatisztika néven gyorsan és jelentős mértékben terjedt el a nyersanyagkutatásban és a bányászatban. „A geostatisztika, amelynek születését G. Matheron (1962) könyvének megjelenésétől számíthatjuk, úgy tűnik mintha a matematikai statisztika alkalmazása lenne földtani és bányászati feladatok megoldására. Valójában ennél lényegesen többről van szó. Matheron a következőket írja a „Mining Geostatistics” (in: Journel–Huibregts, 1978.) című

könyv előszavában: „... ha egy gyakorlott matematikai statisztikus átlapozná ezt a könyvet, nem találna benne sokkal többet mint varianciákat, kovarianciákat, optimális becslőket stb. és nem látná indokoltnak, hogy miért kellett erre a célra egy külön tudományterületet kialakítani. Had adjunk azonban (gondolatban) ennek a specialistának egy olyan, a következőkben ismertetett feladatot, amely a bányamérnökök számára eléggé megszokott (geostatisztikai terminológia szerint ez a leművelhető ásványvagyron becslése)...” Egy összetett feladat ismertetése után Matheron így folytatja: „... úgy gondolom, hogy a bányászatban járatlan matematikai statisztikus becsülettel bevallaná, hogy nem tudna reális megoldást adni a felvetett problémákra. ... Ezek alapján érthető, hogy miért volt szükség az ilyen feladatok megoldásával éveken át küszködve, egy a geofizikához hasonló speciális szakterület kialakítására, saját terminológiával és speciális módszerekkel, mely szakterület most a geostatisztika nevet viseli (Füst, 1997). A geostatisztika mind a világban, mind hazánkban gyorsan terjedt. A 70-es években Magyarországon az ércbányászatban kezdődött el alkalmazása (Baksa és társai, 1983) és a 80-as évekre három geostatisztikai központ is kialakult, amelyek azonban az 90-es évek gazdasági és társadalmi átalakulásai nyomán megszűntek (Füst, 1997). Öröndetes azonban, hogy az időközben több egyetemen – a Miskolci Egyetemen, a Szegedi Tudományegyetemen és az Eötvös Lóránd Tudományegyetemen – bevezetett geostatisztika tárgy az ilyen változásokat túlélte, sőt a 2006-os évben induló BSc képzésben is helyet kapott.

Szólni kell itt arról a tényről is, hogy a geostatisztikával kapcsolatban Magyarországon és a világban is megfogalmazódtak, és még mai is megfogalmazódnak kritikák. Ennek említése azért fontos, mert „leple” alatt a matematikai módszerek ellenzőinek lehetősége nyílik a teljes elutasítást képviselni (Füst A., 1997). A geostatisztika alkalmazását illetően hazánkban is voltak szakmai viták (Dienes, 1987, 1988; Füst, 1988). A statisztika, geostatisztika figyelembe vételével történő geológiai kutatás mai ellenzőinek ilyen jellegű véleményei egyre inkább marginálissá válnak. Ennek egyik okát abban látom, amint ezt egy közelmúltban megjelent tanulmány meg is állapítja, hogy a „végzett szakemberek számára leginkább az alkalmazott földtan különböző területei biztosítják a felvevő piacot” és „a végzettek nagy számban érintkeznek más területek szakembereivel.” (Kovács és Végh S.né, 2006). Ez a két tényező szükségsszerűvé teszi a geológián belül az ilyen jellegű ismereteket. Az alkalmazott földtan magába foglalja a vízföldtan, környezetföldtan, kőolajföldtan, szilárd ásványi nyersanyagok (ércék és egyes ásványok) kutatását, műszaki földtan és a geomatematika területét. Ez utóbbi már nevében is, az előbbieket pedig kisebb

nagyobb mértékben tartalmaznak matematikát, mind determinisztikus, mind sztochasztikus vonatkozásban, aminek egyébként az egyik legfőbb oka, a modellezés térhódítása. A hidrogeológiában és a környezetföldtanban használatos determinisztikus alapú hidrodinamikai és transzportmodellezés alapadatait gyakran a sztochasztikus szemléletű módszereket tartalmazó programcsomagok segítségével állítják elő (Kovács és Szanyi, 2005). Ezért, és más földtani területek igényei miatt is, ma már szinte minden, az alkalmazott földtan területén dolgozó geológus munkahelyén van alacsony áron elérhető felületszerkesztő programcsomag. A leginkább elterjedt, a Surfer for Windows (Golden Software, 1997, 1999, 2002), aminek egyik leggyakrabban használt módszere a krigelés. A módszer a vizsgált paraméter értékét tetszőleges pontban határozza meg, a variogram függvény segítségével. A földtanban általános jelenség, hogy a különböző tulajdonságok viselkedése irányfüggő (anizotrópia). Ezt a variogramok segítségével figyelembe lehet venni (Füst, 1997). Ezek a lehetőségek nagy jelentőséggel bírnak a földtani kutatásban, ezért nem véletlen széleskörű elterjedésük. A krigelés, mint „klasszikus” lineáris becslési eljárás eredményének izovonalas formában történő megjelenítésével, főleg regionális tendenciák hangsúlyozhatók, kisebb léptékű heterogenitás megjelenítésére csak sűrű mintavételezés esetén van lehetőség. „Ugyanakkor van egy olyan eljárás csoport, amely célja (a lokális megbízhatóság helyett) éppen a kisléptékű változékonyság megjelenítése és a vizsgált paraméter térbeli folytonossági tulajdonságainak reprodukálása. Ezeket a megközelítéseket az irodalom sztochasztikus szimulációknak nevezi” (Geiger és Mucsi, 2005). Az említettek mellett a sztochasztikus szimuláció alkalmazásának további előnye is van. „Amennyiben azt mondjuk, hogy a területi becslés grid pontonként az adott pontba prognosztizálható várható értéket adja, természetes igény a pontonkénti várható érték konfidencia felületének megadása. A konfidencia felületek szerepe kiemelkedő lehet a biztonsági értékelésekben. A krigelés az ilyen felületek megadására konstrukciója miatt nem alkalmas, ámde a sztochasztikus realizációk alkalmazásával ez a két felület gond nélkül számolható.” (Deutsch - Journel, 1998 in Geiger, 2006)

Az előbbi megállapítás nagyon fontos gyakorlati szempont. Ezért nem véletlen, hogy a matematikai módszerek alkalmazásában, a földtan területén, a legnagyobb „felhasználó”, a hidrogeológia tárgykörében jelent meg a közelmúltban hazánkban egy olyan könyv, ami külföldi és hazai kutatási eredményeket figyelembe véve vizsgálja, a determinisztikus és sztochasztikus modellezés közötti különbségeket és kijelenti: „A jövő mindenképpen a sztochasztikus modellezés, a kérdés, hogy megtaláljuk-e a bizonytalanságok közvetlen jogi kezelésének módját, vagy megkapják-e a földtani és vízföldtani szakemberek

azt a lehetőséget, hogy valószínűség-elméleti alapon számított eredmények értékelésével a hatályos jogszabályok szellemében járjanak el” (Kovács és Szanyi, 2005).

A térstatiszтика mellett jelentős statisztikai és sokváltozós adatelemző apparátust használnak, ennél fogva komoly ismereteket követelnek meg a térinformatikai programcsomagok (Elek, 2005). Példaként említhető a világszerte elterjedt és jelentős piaci részesedést magáénak tudható ESRI ArcGIS szoftver Spatial Analyst bővítménye. A szoftver a térbeli modellek létrehozásához és megjelenítéséhez nyújt segítséget és biztosítja a felhasználó számára a széleskörű és hatékony technológiát a térbeli adatok modellezéséhez, és elemzéséhez. (ESRI, 1996; ESRI, 2006). Eszköztárában jelentős számú térstatisztikai módszer található (Johnston és munkatársai, 2001).

Jelentős és igényes szoftvereket használnak az érc kutatásban is, melyek legtöbbje szinte mindent tartalmaz a kutatás első fúrás-szelvényétől a kitermelhető készlet számításán keresztül a bányatervezésig. Ilyen például a Gemcom (<http://www.gemcomsoftware.com>), a Minesight (<http://www.mintec.com/>) a Micromine (<http://www.micromine.com.au/>) és a Gocad (<http://www.gocad.com/>). Mindegyik jelentős statisztikai és geostatisztikai apparátust használ. A felhasználók dicséretét, leginkább a Gocad program váltja ki, melynek egésze geomatematikai és geostatisztikai megközelítésre épül. Ez a programcsomag nemcsak ércteleptani feladatoknál használható, hanem bármilyen geomodellezési probléma megoldását is segíti.

Az elmondottak egyenes következménye, hogy 2000 és 2005 között a végzett kutatógeológusok mintegy 20%-a, 21 geológus hallgató írt olyan szakdolgozatot, ami a földtani ismeretekkel egyenértékűen vagy azt meghaladó módon használt statisztikai, adatelemző apparátust (ELTE, TTK, Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszék nyilvántartása). Mindenképpen fontos és előremutató tény, hogy az említett szakemberek mindegyike a szakmában maradt és képzettségének megfelelő állást kapott.

A történeti áttekintéssel és a jelen – messzemenően nem teljes – bemutatásával próbáltam meg érzékelteni, hogy a statisztika iránti igény az alkalmazott földtan részéről az utóbbi években jelentősen megnőtt és az elkövetkezendő időkben ez az igény valószínűleg még csak fokozódni fog. Mindez jelentős következménnyel bír a statisztika oktatásában.

2.3. Matematikai jellegű tárgyak a geológus képzésben

2.3.1. A matematika oktatásának előzményei és kezdetei

Az Eötvös Lóránd Tudományegyetem Természettudományi Karán folyó, geológus képzés keretein belül a matematika, mint a természettudományi alapozó tárgyak része 1975-ig alárendelt szerepet játszott. Ennek ellenére főként a 60-as évek vége felé többen érdeklődéssel fordultak a matematika – különösen az adatelemző módszerek – felé, ezért a tárgykörben speciális kollégiumokat hallgattak, vagy mint diplomás geológusok végeztek alkalmazott matematika szakot. Az 1975-ben induló geológus képzés az akkor úgynevezett Földtudományi szak részévé vált. Az oktatási háló az addigiakhoz képest nagy változáson ment át. Ennek egyik megjelenési formája volt, hogy az alapozó tárgyakat a geológusok együtt hallgatták a geofizikusokkal és a meteorológusokkal. Mivel ezek a szakok már korábban is jelentős matematikai ismereteket követelnek meg, az óraszám e tárgyak tekintetében óhatatlanul megemelkedett. Az első félévben az analízis 4 óra előadással és 4 óra gyakorlattal szerepelt. A második félévben ez az óraszám csak 2 óra gyakorlattal csökkent. A harmadik félévet a valószínűségszámítás töltötte ki, 2 óra előadással és 1 óra gyakorlattal. Ilyen módon az 1975. év nagyon fontos határkö, hiszen ezen a ponton lépett be a sztochasztikus szemlélet a kutató geológusok képzésének tanrendjébe. A Földtudományi szak keretein belül csak néhány évig tartott az oktatás. Megindult az egyes szakok újbóli önállósodása. Ekkor megint változott a tanrend. Az analízis az első félévre (2+1 óra) szorult. A második félévi analízis helyett „feljött” a valószínűségszámítás, és a harmadik félévben új tárgyként megjelent a matematikai statisztika. A kétféle tanrendben a matematika szempontjából kedvezőtlen elem, hogy túlzott mértékben csökkent az analízis oktatásának óraszámja. Ezzel együtt megállapítható, hogy a Geológus Tanszékcsoport jelentős lépéseket tett a modern – főként az alkalmazott – földtan felé. A matematika szerephez jutott (mind determinisztikus, mind sztochasztikus irányban) és jelentős teret kapott a képzés tanrendjében.

1989-ben újabb jelentős változás következett be az oktatási rendben. A Végh Sándorné egyetemi tanár által vezetett Alkalmazott és Műszaki Földtani (ma Alkalmazott és Környezetföldtani) Tanszék saját órái terhére úgynevezett blokkokat hozott létre, víz– és szénhidrogén–, környezetföldtan, szilárd ásványi nyersanyagok, építésföldtan és geomatematika tárgykörökben. Ezzel a lépéssel megnövekedtek a hallgatók szakosodási, végzés után pedig az elhelyezkedés lehetőségei. A matematika szempontjából két irányban is előrelépés történt.

Egyrészt minden geológus hallgató számára kötelezően előírták a geomatematika tárgy hallgatását (2+0 órában), másrészt az érdeklődők részére lehetőség nyílt a matematikai (elsősorban sztochasztikus) módszerek bővebb megismérésére a geomatematika blokkon belül. Ez azt jelentette, hogy ez a tárgykör összességében 32 órát kapott, beleértve a matematikai statisztikát, adatelemző módszereket, geostatisztikát, numerikus analízist, jelentős óraszámban számítástechnikát és mindezek alkalmazását az úgynevezett önálló munkán keresztül. Ebben a formában nyolc éven keresztül folyt az oktatás és a tapasztalatok szerint nem sikertelenül. A blokk ugyanis többször el tudott indulni, annak ellenére, hogy a hallgatói létszámnak minimálisan 5 főnek kellett lennie, ugyanakkor az évfolyam teljes létszáma 10 - 20 között mozgott.

A számítástechnika a Földtudományi szak indulásával vált a tananyag részévé, két féléven keresztül, heti két órában. E tárgy jelenléte fontos, hiszen a földtanban használatos programokon keresztül alkalmazzák a hallgatók a statisztika módszereit, jelentősen elősegítve ezzel az ilyen jellegű módszerek elfogadását a geológusok körében.

2.3.2. Jelen és jövő

A '90-es évek elején bekövetkezett gazdasági változások, a társadalmi igény arra készítette az Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszéket, hogy racionálisabbá tegye a választható szakirányok rendszerét. Két blokk maradt meg (környezet- és vízföldtan, valamint nyersanyagkutatás) azzal a feltétellel, hogy mindenki számára kötelezővé vált a matematikai analízis (differenciálegyenletek néven 2+0 órában) és a geostatisztika (0+3 órában) hallgatása. Ezeknek a tárgyaknak az előzménye (matematikai analízis, valószínűségszámítás és matematikai statisztika) megmaradt, óraszámuk egységessé vált (2003-ig 3+1 óra).

A számítástechnika óraszámuk 2003-ig változatlan maradt, miközben a tematika a programok írásáról az általános számítástechnikai ismeretek felé toldott el. Felismerték, hogy az érdeklődő hallgatók számára szükséges és érdemes a speciális kollégiumok rendszerén keresztül több számítástechnikai ismeretet adni. Így lehetőség van táblázat- és adatbázis kezelés, valamint térinformatikai tudás megszerzésére is.

Az 1997. év fontos dátum a kutató-geológus képzésben. Ennek két oka van. Az egyik, hogy az említett tárgyakat hallgatott végzett szakember, matematikai szempontból is a hidrogeológus és a vízepítő mérnök társává válhatott. Másrészt éppen ekkor jelentek meg Magyarországon az alkalmazott földtan

egy-egy ágában a szükséges nagy tudású, felhasználóbarát, értékelő és elemző (matematikai alapokon nyugvó) szoftverek

2003-tól némely tárgy esetében óraszám csökkenés következett be. Így a valószínűségszámítás, a matematikai statisztika egy-egy órát veszített és az alapozó (kötelező) számítástechnika egy félévre apadt.

Fontos kérdés: milyen tematika alapján történik a matematikai tárgyak és a számítástechnika oktatása, hiszen csak ezen keresztül lehet lemérni milyen információkat szerez meg a hallgató a matematikai statisztika képzésének kezdetéig, illetve vele párhuzamosan és utána.

Az egyetemre belépő geológus hallgatók napjainkban a Matematika I. c. tárggyal kezdik ilyen jellegű tanulmányaikat. A kitűzött cél, hogy a fizika, kémia és az erre épülő földtudományi diszciplínák fogalmainak matematikai vonatkozásait (derivált fogalma, integrál, parciális derivált stb.) megkapják. A lineáris algebra fogalom rendszerének kiépítése a kristálykémia tanulmányozását hivatott segíteni. Más, szorosabban vett matematikai eszközök alapozása egyéb tárgyakhoz, mint valószínűségszámítás, matematikai statisztika, differenciálegyenletek. A tárgy részletes tematikáját a az I. melléklet tartalmazza.

A differenciálegyenletek geológusoknak című tárgy a harmadik félévben, heti két óra előadásként kerül oktatásra. Ebben az esetben a képzés célja a fizikai, kémiai folyamatok modellezése, a folyamatok lefolyásának kvantitatív és kvalitatív jellemzése. A tárgy tematikája szintén az I. mellékletben található.

Ez a két tárgy biztosítja, hogy a leendő szakemberek alkalmassá váljanak a hidrogeológiában használt egyenleteket megértésére, biztosítva ezáltal, hogy kellő matematikai alapjuk legyen a különböző modellezési feladatok megoldására.

A valószínűségszámítás tárgy segítségével bevezetést lehet adni a valószínűségszámítás modern, axiomatikus elméletébe. A matematikai statisztika tárgy általános célja, hogy bevezetést nyújtson annak alapvető módszereibe. Az itt szereplő tananyagra jelentősen épít a geostatisztika és a geomatematika tárgy. A tárgyak részletes tematikái az I. mellékletben találhatók

A geostatisztika a nyersanyagkutatás, bányászat, környezetföldtan és egyéb, a geológiához közeli szakmai problémákkal foglalkozik. A tantárgy általános célja, hogy a gyakorlatban tevékenykedő szakemberek számára hasznos útmutatásokat adjon. Hangsúlyozza, hogy a geostatisztika a földtani problémamegoldásnak csupán egyik segédeszköze, alkalmazása nem teszi mellőzhetővé a földtani tapasztalatot és megismerést. Segítségével azonban az alkalmazó hozzájuthat a földtani kutatási adatokban meglévő, de a hagyományos módszerekkel nem - vagy csak nehezen - hozzáférhető többlet információkhoz. Ezáltal a

kutatási költség optimalizálható és jelentősen csökkenthető például a bányászati kockázat.

A geomatematika elsősorban esettanulmányokon keresztül mutatja be, milyen eszköztár áll rendelkezésre ahhoz, hogy a szakterületen meglévő adathalmazból, az eddigiekhez képest többlet információkhoz jussanak a szakemberek, ezzel segítve az egyes földtani hipotézisek megerősítésben vagy elvetésében. Ehhez, elsősorban esettanulmányokon keresztül kerülnek bemutatásra idősoros vizsgálatok (trend- és periodicitás, AR folyamatok, dinamikus faktoranalízis) és többváltozós adatelemző módszerek (klaszter és diszkriminancia analízis, dimenziócsökkentő eljárások).

A számítástechnika tekintetében megdöbbentő, hogy az alapismeretek szintjén az egyetemre kerülő ifjúság túlnyomó része még ma sem rendelkezik korrekt, pontos információval (a tárgy egyik előadójának – Vid Gábornak – szóbeli közlése). Ezért szükséges, hogy e kurzus alatt megismerkedjen a hallgató a számítógépek belső felépítésével, az input-output perifériákkal, belső kommunikációs rendszerrel, a háttértárakkal, az operációs rendszerekkel, általában a grafikus felületekkel, hálózatokkal és szolgáltatásaikkal valamint a számítástechnika biztonsági kérdéseivel.

Ezt a számítástechnikai ismeretanyagot, a geológus képzést összeállítók nem tartották elégségesnek ezért speciális kollégiumokon keresztül további tárgyak is oktatásra kerültek. A statisztika oktatásának szempontjából ezeknek több esetben is jelentőségük van, hiszen például a táblázatkezelés magas szintű oktatása és ismerete feltétele lehet a statisztika új szempontok szerinti oktatásának.

A táblázatkezelés geológusoknak című tárgy, bevezeti a hallgatót az adatkezelés alapjaiba, felkészíti az adatbázis kezelés, geostatisztika, geokémia és térinformatika által igényelt alapfokú számítási és adatelőkészítési ismeretek megszerzésére. A tárgyat oktatók nem az úgynevezett függvényvarázsló segítségével tanítják (tanították) az Excel függvényeinek használatát. Ez a számítástechnikával támogatott statisztika oktatás során fontossá vált, mert biztos alapot nyújt az Excel program emeltebb szintű alkalmazásához, és ezzel magasabb szinten válik lehetővé a statisztika új metodika szerinti oktatása. Az adatbázis kezelés legfőképpen annyiban fontos a geológus képzésben, amennyiben segíti a térinformatika megértését és tanítását.

Az említett tárgyak tematikája biztosítja a Földrajz- és Földtudományi Intézet, Geológiai és Környezetfizikai Központja természetes céljának megvalósulását, miszerint a kurzusokon résztvevő hallgatók, végzett szakemberek,

munkájuk során, döntési helyzetben alkotó módon tudják felhasználni matematikai tárgykörben szerzett ismereteiket.

A geológus hallgatók körében ezek a tárgyak és a tematikáik nem élveznek osztatlan sikert. Ennek több oka van. Egyik részről a klasszikus geológiának minimális kapcsolata volt a matematikával. Ez napjainkra, amint az előzőekben láttuk, jelentősen megváltozott. Továbbá, mivel a szak természettudományi karon került oktatásra, 2003-ig matematika, fizika írásbeli és fizika, földrajz szóbeli vizsga után lehetett belépni az egyetem kapuján. Az utóbbi években előbb a matematika, majd a fizika került ki a felvételi tantárgy köréből, csak a földrajz maradt. Ennek oka az volt, hogy 2000. körül olyan kevesen jelentkeztek a szakra, hogy oda a törvény által előírt minimális pontszámmal be lehetett kerülni. Hozzá kell tenni, hogy ez az időpont egybeesik a felvételi keretszámok jelentős emelésének idejével. Abban a pillanatban, amint csak a földrajz vált felvételi tárggyá, megnőtt a jelentkezők száma.

Az elmondottakból érzékelhető, hogy a leendő hallgató arra számít, nem lesz matematika az érettségi után. Azzal a várákozással választja ezt a szakot, hogy nem kell jelentősebb matematikai tananyagot elsajátítania egyetemi éve alatt. Ugyanakkor, mivel úgynevezett alapozó tárgyakról van szó, a diák már első féléveiben találkozik ezekkel. Ekkor még csak elején vagy jobb esetben a közepén jár a szakmai alapismeretek megszerzésének. Nem érzékeli milyen szakmai problémák várnak rá, amelyek megoldásában jelentős segítséget kaphat a matematikától. Ezért meglepetést és nagy szorongást vált ki e tárgyak megjelenése. Ebből következően a hallgatóság jelentős része nem tudja elhelyezni szakmai várákozásai, elképzelései közé ezeket az ismereteket, nem látja hasznosságukat. A hallgatói hozzáállásban nem várható változás, ezért szükséges, hogy az e tárgyakat előadó oktatók olyan módszertant válasszanak a hallgatók oktatására, amelynek segítségével nem csak megtanulják, hanem alkotó módon használni is tudják az elsajátított tananyagot. Ehhez új oktatási módszertan bevezetésére van szükség. Ezt mutatja be a dolgozat, és bizonyítja, hogy a módszer eléri a kitűzött célt.

3 A statisztika oktatás módszertanának alakulása 2001–2006. között

3.1 A hagyományos oktatási forma értékelése, 2001. és 2002. őszi félévek

3.1.1. A módszertan hatékonyságának mérése

Minden valamilyen tárgyat előadó oktatónak van saját elképzelése arról, hogyan alakítsa a módszertant a jobb megértés és a könnyebb elsajátíthatóság érdekében.

Oktatási tapasztalatom és a módszertannal foglalkozó szakirodalom arról győződött meg, van értelme változtatni az eddigi hagyományos struktúrán. A külföldi és a saját oktatási tapasztalatom alapján rögzítettem, hogy a módszertani változtatások bevezetésénél a hagyományos és számítástechnikai eszközök felhasználásával, szakmai példákon keresztül történő oktatási forma lesz a legcélravezetőbb. Ezt tekintettem kiindulási pontnak. Kutatási célkitűzéseim közé tartozott, hogy a módszertan pontosítása és véglegesítése érdekében, a hallgatók véleménye, elképzelése és érdeklődési köre is beépíthető legyen. A hallgatói véleményeket kérdőív segítségével vizsgáltam (lásd II. mellékletet). Ezt minden esetben az utolsó matematikai statisztika óra végén adtam át a hallgatóknak kitöltésre. Az időpont megválasztásában szerepet játszott, hogy ekkor már elsajátították a tananyagot, de még nem vizsgáztak belőle, így annak eredménye nem befolyásolta az adott válaszokat. A megalapozott, korrekt válaszokra szükségem volt, hiszen ezek jelentősen hozzájárulhattak az új metodika kidolgozásához és annak sikeréhez. Ezért a hallgatóságot tájékoztattam a kérdőív céljáról. Elmondtam, hogy a kérdőív kitöltését szigorúan név nélkül kérem, továbbá nagyon erőteljes hangsúlyt fektettem arra, hogy biztosítsam

őket arról, hogy véleményük fontos, mert valamilyen módon és valamilyen szinten be fog épülni a statisztika oktatásába.

A 17 kérdésből álló kérdőív az alábbi tematikus kérdéscsoportokra kereste a választ:

- a résztvevő véleménye a tematika teljesíthetőségéről, az órák mennyiségéről,
- a résztvevő véleménye a feladatok jellegéről, azok hatékonyságáról,
- a résztvevő véleménye a tanultak használhatóságáról, hasznosságáról,
- a résztvevő véleménye a szakmai példákon keresztül történő, számítógép felhasználásán alapuló lehetőségekről.

A lehetséges válaszokat szövegesen adtam meg, egyetlen kérdés kivételével öt kategóriában, amelyeket kiértékeléskor számokká alakíthattam. Ezzel lehetővé vált, hogy számszerűen is tudjam mérni az évfolyamok közötti különbségeket, a metodikai változtatások hatásait. A válaszok kiértékelése során kiszámítottam az egyes évfolyamokra, minden kérdésre vonatkozóan az alapstatisztikákat. Ezek között szerepeltek a mintaszám, átlag, szórás, relatív szórás, medián, és a percentilisek. Ezt követte a válaszok kérdésenkénti összehasonlítása az évfolyamok között.

A kiértékelésekben vizsgáltam, hogy két évfolyam véleménye mennyiben azonos vagy különböző. Ezért kiszámítottam az egyes kérdésekre adott válaszok átlagainak átlagát. Ez az érték természetesen nem tartalmazta az első kérdésre adott válaszok adatait, mivel az órán való jelenletre vonatkozott. A válaszok közötti különbségek általában kicsik voltak. Részben ez az egyik oka annak, hogy eltekintettem az egyváltozós statisztikai vizsgálatától. A másik ok viszont az volt, hogy az egyes kérdésekre adott válaszokat, osztályzatokat természetesen nem tekinthettük normális eloszlásúaknak. Ez a tény önmagában lehetetlenné tette néhány módszer alkalmazhatóságát.

Mivel minden résztvevőt több kérdésre adott válaszával mértem, lehetőségem nyílt többváltozós adatelemző módszerek használatára. Ezekkel megvizsgáltam, mennyire voltak hasonlóak, vagy eltérőek az évfolyamonkénti válaszok. A csoportosítást hierarchikus klaszter analízissel végeztem, Ward módszerével, négyzetes euklideszi távolsággal. A csoportosítás ellenőrzésére diszkriminancia analízist alkalmaztam. Áttekintettem milyen arányban vannak jelen az egyes csoportokban a különböző évfolyamok. A következő lépésben célszerű volt megvizsgálni, hogy a csoportok kialakulásában mely kérdések játszottak a nagyobb vagy kisebb szerepet. Ennek megállapítására kiszámítottam a Wilks' λ értékeket. Ezt a statisztikát a csoport átlagok azonosságának tesztelésére használják. Abban az esetben, ha $\lambda=1$, a csoportok átlagai nem különböznek, ami esetünkben azt jelenti, hogy az adott kérdést a hallgatóság azonosan ítéli meg.

Ha $\lambda=0$ akkor a kérdőívre adott válaszok erősen befolyásolják a csoporthoz való tartozást. A λ számított értékei alapján megállapítható volt, hogy a hallgatók között mely kérdésben vagy kérdésekben a legnagyobb az egyetértés és melyekben nem.

3.1.2. Hallgatói vélemények értékelése a 2001. és 2002. évek őszi féléveiről

A 2001/2002 és a 2002/2003 tanévekben hagyományos módon oktattam a matematikai statisztikát. Rögzíteni kívántam, mi a hallgatóság véleménye és milyen várakozásai vannak a tervezett programcsomaggal támogatott statisztika oktatás irányában. Ezért már ekkor elkezdtem a kérdőíves felmérést. A vonatkozó félévekben a kérdőíveket a másodéves geológus hallgatók közül 31, illetve 32 töltötte ki. A kérdésekre adott válaszok feldolgozására, értelmezésére az évfolyamonkénti (3.1.2. fejezet, I. táblázat) és a két évfolyamra együttesen vonatkozó (3.1.2. fejezet, II. táblázat) statisztikai adatokat használtam fel.

A kiértékelésben először megvizsgáltam, hogy a két évfolyam véleménye mennyiben azonos vagy különböző. Az évfolyamok között, az egyes kérdésekre adott válaszok átlagainak átlaga 0,22 osztályzattal tér el egymástól. Ez az érték nem tartalmazza az első kérdésre adott válaszok adatait.

Az első kérdésre – miszerint az órák hány %-ról hiányzott ön? – adott válaszokból kiderül, hogy az órák látogatottsága nagy volt. 34 hallgató minden előadáson és gyakorlaton megjelent. 26 fő hiányzott az órák legfeljebb 20%-áról. Ez egyben azt is jelenti, hogy amennyiben a hallgató komolyan vette a kérdőív kitöltésére vonatkozó felkérést, úgy megalapozott válaszokat adhatott.

A megkérdezetteknek csak 3%-a vélte úgy, hogy a félév elején az oktató által ismertetett tematika „alig”, míg a 80%-a „nagyreszt” vagy „teljesen” teljesíthetőnek vélte azt (2. kérdés). Az átlag a „nagyreszt” teljesíthető kategóriának felelt meg. A 2002-ben járt évfolyam átlaga egy kicsivel nagyobb, jobban teljesíthetőnek vélte a tematikát. A meghirdetett tematikát (3. kérdés) 90% tartalmilag „teljesen” elegendőnek tartotta. Ugyanakkor az óraszám (4. kérdés) tekintetében az „éppen jó” válasz adódott az átlagnak és a mediánnak. Jelentős erővel jelent meg a változtatás igénye is, főleg a 2003-as évfolyamban. A következő kérdésre adott válaszokból ez objektívebb módon is kiderült, hiszen ott számszerűsítést adhattak arra vonatkozóan ki mit tartana optimális óraszámnak. 20 hallgató (a válaszadók mintegy 30%-a) szeretne változást látni. Többségük (75%) több órát tart szükségesnek. Öt hallgató gondolta úgy, hogy az adott tematika kevesebb óraszámában is teljesíthető. Az eredményeket

együttesen értelmezve úgy tűnik, a hallgatóság nem tekinti könnyű tárgynak a statisztikát. Sokan gondolják úgy, hogy az óraszám és/vagy az előadás és gyakorlatok aránya változtatásra szorul.

Fontos eredménynek tekintem, hogy a tematikára, óraszámra koncentráló első öt kérdésre adott válaszok mind a két évfolyam esetében lényegében konzekvensek voltak.

A véleménykérő lap első részéhez szorosan kapcsolódó, új szempontról kérdezett a 6. kérdés. A válaszadók több mint 50 százaléka „szükséges”-nek tartotta, az úgynevezett házi dolgozat kötelező elkészítését. Ez a kérdés a hallgató önálló munkáját állítja középpontba, azzal a várakozással, hogy próbálja meg a statisztikai ismereteit egy általa keresett szakmai probléma adatainak feldolgozásába bevinni, erősítve önálló feladatmegoldó készségét és szakmai gondolkodását. Oktatásom ideje alatt számtalan feladattípus fordult elő, melyek közül bemutatok kettőt. Egyik hallgató egy környezetszennyezés néhány kémiai paraméterére lineáris regresszió becsléseit végezte el, míg egy másik a csapadék és talajvízszint kapcsolatát tárta fel néhány alföldi vízszintmegfigyelő kút esetére. A kérdésre adott válaszok egyike sem állította azt, hogy a házi dolgozat „egyáltalán nem szükséges”, sőt az „alig szükséges” kategóriát is csak ketten választották. Az átlag mind a két évfolyam esetében a „részben szükséges” és „szükséges” kategóriák között volt. A geológus hallgatók részére történő statisztika oktatása jelentős számú példán keresztül történik. Ennek minőségére és mennyiségére kérdez rá a 7. kérdés. A válaszokból úgy tűnik a hallgatóság mind a két évben „nagy részt” elégedett volt a hallottakkal. Az anyag egymásra épülését (8. kérdés) „teljesen” megvalósultnak ítélte meg a hallgatók több mint 50%-a és „nagy részt” megvalósultnak 30%-a. Természetesen a 7. és a 8. kérdésekre adott válaszokat a tárgy szempontjából kedvezőnek ítélem. A 9. és a 10. kérdésre adott válaszok kisebb ellentmondást mutatnak. Ugyanis az a kérdés, hogy a szakmai fejlődést mennyiben segíti a tárgy, mindkét évfolyam esetében a „nagy részt” kategóriát kapott. Viszont az a kérdés, hogy mennyire fogja használni a tanult anyagot leendő munkájában, illetve, hogy az milyen hatékonysággal fogja segíteni szakmájának gyakorlásában csak „fele részben” kategóriát kapott, tehát eggyel kisebbet, mint az eddigi kérdések. Mind a két évben úgy ítélte meg a hallgatóság, hogy leendő szakmai döntéseit mintegy 50%-ban fogja befolyásolni a statisztika ismerete. Itt, ezen a ponton válik megfoghatóvá, hogy jelentős azoknak a hallgatóknak az aránya, akik nem látják, és nem érzik a matematikai statisztika jelentőségét szakmai pályafutásuk későbbi szakaszában.

Ehhez valószínűleg hozzájárul az is, hogy a hallgatók úgy érzik, a matematikai statisztika nem kapcsolódik más eddig hallgatott tárgyaikhoz (12. kérdés). Erre a kérdésre ugyanis jelentős számú volt az „alig” válasz. A „teljesen” kategóriát egyetlen, a „nagy részt” kategóriát 16 személy választotta. Ezt a választ szinte a legmagasabb relatív szórás jelzi, amit úgy lehet lefordítani, hogy a hallgatók jelentős részére a tárgy „lóg a levegőben”. Ez még akkor is így van, ha az önállóan elkészítendő házi dolgozatot a hallgatók fontosnak tartják, és valószínűleg szeretnék érteni és megtanulni a statisztika módszereit. Ugyanakkor a hallgatók a szakmai tárgyak tanulásának még az elején tartanak, ezért minden valószínűség szerint a házi dolgozat is csak részben éri el célját, hiszen még nem rendelkeznek kellő információval ahhoz, hogy a statisztika segítségével az ok-okozati összefüggéseket minden esetben megtalálják. Ez a következtetés egyrészt felveti az oktatott tárgyak tematikájának pontosabb egymáshoz illesztését. Megkérdőjelezi a matematikai statisztika helyét a tanrendben. Úgy tűnik, egy-két félévvel később jobb hatékonyságot lehetne elérni. Továbbá felmerül az oktatók – ez alatt a geológus szaktárgyak és a statisztika tárgy előadóit együttesen értem – felelőssége abban, hogy saját előadásukon / gyakorlatukon belül rámutassanak a kapcsolódó szakterületek csatlakozási pontjaira.

A további kérdések kapcsán a helyzet javításának lehetőségét vizsgáltam. Az egyik alapgondolat az volt, hogy a manapság oly népszerű számítástechnika bevonásával segítsük a statisztika oktatását. A várakozásokkal egybeesett a 13. kérdésre adott válasz, miszerint hatékonyabbnak ítélik meg a statisztika tanulását számítógép használatával. Annak mértéke, azonban hogy ez a metodika mennyire segítené a tanulást, már jelentős szórást mutat. Kevés azoknak a száma akik „alig” várnak változást, míg a hallgatók többi része nagyjából 1/3–1/3 arányban oszlik el a „fele részben”, „nagy részt” és „teljesen” kategóriák között. Jelentős bizonytalanság érződik tehát a hallgatóság körében arról, hogy mit is várnak a számítástechnikától. Semmiképpen nem szabad elfelejteni, hogy a válaszokat 2001, 2002-ben adták a hallgatók. Ez azért fontos, mert bár a számítástechnika már erőteljesen jelen van az oktatásban, de még mindig sok az olyan egyetemre belépett hallgató, aki a középiskolában nem készült fel kellőképpen ennek a technológiának a fogadására. Következésképpen, nem tudja milyen előnyökkel jár, ha ez a számukra új eszköz részt vesz a statisztika tanulásának folyamatában. A számítástechnikával segített oktatási formának a támogatottsága, a kérdésre adott válasz alapján nem kritika nélküli. Ezt támasztják alá a következő (14.) kérdésre adott válaszok is, miszerint mely oktatási formát tartaná a legjobbnak a statisztikához: ahogyan eddig volt (tehát előadás, a gyakorlaton kézi számolás, ahol lehet kisebb mintaszámú szakmai

példa stb.), hagyományos előadás és számítógépen gyakorlat, vagy hagyományos előadás és némely fejezet esetén számítógépes gyakorlat, illetve csak számítógéppel. Amint látható, itt a választási lehetőség csak négy kategóriára szorítkozik, és az utolsó válasz azt is sugallja, hogy az előadások száma, így az elméleti anyag is a lehetőségekhez mérten minimális. A túlnyomó többség a harmadik lehetőséget választotta (hagyományos előadás és némely fejezet esetén számítógépes gyakorlat). Kevés – négy – hallgató tartotta volna meg az eddigi oktatási struktúrát, változatlan formában és egyetlen hallgató szeretne csak számítógéppel tanulni. Érdekes, de mindenképpen említésre méltó, hogy ebben a fontos kérdésben mind a két évfolyam ugyanazt az átlagos osztályzatot adta. A következő kérdés (15.) a számítástechnika kizárólagos szerepét firtatta. Az előzőek ismeretében már nem tekinthetők meglepőnek a válaszok. A hallgatók többsége csak 30% esetleg 50%-ban gondolja úgy, hogy számítástechnika nagymértékű használata a fogalmak helyes megértését segíti. Elég jelentős az eltérés a két évfolyam között, ez a válaszok számértékeiben kifejezve 0,5. Továbbá a relatív szórás itt a legnagyobb mind a két évfolyam esetében. A válaszokból fontos vélemény derül ki. A hallgatóság ugyanis úgy véli nem elégséges csak számítógép segítségével elsajátítani az ismereteket. Szükség van előadásokra, más jellegű gyakorlatokra is. A 14. és 15. kérdésekre adott válaszok ilyen módon rendkívül jól összecsengenek.

A szakmai példákon keresztül történő statisztikai ismeretek elsajátításában jelentős véleménykülönbség van az évfolyamok között. Ennek ellenére a 16. és 17. kérdésekre adott válaszok alapján állítható, hogy a tanulási folyamatban nagyon lényegesnek tűnik a hallgatóság számára, ha szakmai példákon keresztül tanulhatná a tárgyat és ebben egy írott könyv vagy jegyzet is segítené. Ennek megvalósítása nem könnyű. A tárgyat matematikus tartja. Ahhoz, hogy képes legyen eleget tenni a hallgatóság válaszai alapján egyébként logikus és érthető elvárásnak, nagyon sok információt kell összegyűjtenie a geológia területéről. Az adatok megszerzésének egyébként a földtan egyes területein szinte elháríthatatlan akadálya van. Ugyanis gyakran az adatok nem nyilvánosak. Vagy azért, mert értékük gazdasági vagy stratégiai értelemben olyan nagy, hogy azt a kutató cégek nem adják ki (gondoljunk itt érc vagy olaj kutatásra), vagy gyakran a lakosság rosszalló véleménye miatt nem tárnak a nyilvánosság elé adatokat (környezet szennyezés). Gyakori eset volt az is, hogy az adat nem felelt meg az oktatás céljának. Ennek oka lehetett, hogy nem volt megfelelő a mintavételezés, vagy a laborvizsgálat. A fenti esetek szemléltetik, hogy egy ilyen tananyag elkészítése hosszabb időt és nagy energia befektetést igényel.

Az elmondottak alapján úgy tűnik nincs nagy különbség az évfolyamok között, ha a válaszokat kérdésenként tekintjük. Megvizsgáltam, lehet-e különbséget találni az évfolyamok között abban az esetben, ha mind a 16 kérdést egyszerre vesszük figyelembe. A kérdés eldöntésére hierarchikus klaszter analízist végeztem. Három csoportot határoztam meg. A csoportokban mind a két évfolyam tagjai benne vannak, azok évfolyamonkénti létszámát és százalékos összetételét a 2.1. fejezet, III. táblázat mutatja be.

Megállapítható, hogy a hallgatói véleményeket (és ezen keresztül a csoportok kialakulását) nem az határozza meg, hogy ki, melyik évfolyamba járt. A csoportok összetételében évfolyamok szerint 10% körüli különbség van, amit főleg a kis mintaszám miatt (II. III. csoport) nem tartok lényeges eltérésnek. Megvizsgáltam, hogy a csoportok kialakulásában mely kérdések játszottak nagyobb szerepet. Ennek megállapítására kiszámítottam a Wilks' λ értékeket. Ezek alapján (lásd 2.1. fejezet, IV. táblázat) megállapítható, hogy a hallgatók között a legnagyobb egyetértés a számítógéppel támogatott oktatási forma megválasztásában volt. (A kérdésre a hagyományos előadás, némely fejezet esetén számítógépes gyakorlat feleletet adta a túlnyomó többség.) A következő három kérdés azt az igényt fejezi ki, hogy a hallgatóság jelentős mértékben és egyetértésben igényli a tárgy szakmai példákon keresztül történő tanulását. Kiemelném a 13. és 15. kérdések helyét a számított λ alapján. A számítástechnika alkalmazása terén az „átlagos vélemény” támogatta az új módszer bevezetését. A hallgatói válaszok ugyanakkor széles sávban mozogtak, amit a Wilks' λ és variációs tényező is kifejez.

A hallgatók szempontjából legfontosabb kérdések, hogy mennyire fogják használni a statisztika által tanult módszereket és mennyire szolgálja szakmai fejlődésüket a statisztika tárgya. Ebben a vonatkozásban a Wilks' λ értékek 0,7 körül mozognak. Ezzel a „rangsorban” az alsó régióban foglalnak helyet, ami azt jelenti, hogy a válaszok alapján a csoportok kialakulásában jelentős szerepet töltenek be ezek a válaszok. Tehát újfent érezhető a bizonytalanság. A hallgatóság véleménye e kérdésekben is széles skálán mozog. A legkisebb λ értékek, a legszemléletesebben mutatják be az óraszámot és a tárgy tematikáját illetően a hallgatói csoportok közötti véleménykülönbségeket. Itt tükröződik vissza legjobban, hogy jelentős azoknak a száma, akik nehéznek ítélik a matematikai statisztika tárgyat.

Összességében, a hallgatói vélemények ismeretében igazoltnak látszik, hogy a tárgy oktatásának metodikájában változtatásra van szükség (Székely I., 2006).

Kérdés sorszáma	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
2002. év																	
Mintaszám	31	31	31	31	31	31	31	30	31	31	31	31	30	31	31	31	31
Átlag	13,5	4,1	4,6	2,8	4,1	4,4	3,9	4,4	3,9	3,5	3,2	2,7	3,6	2,5	1,8	3,8	4,3
Maximum	40	5	5	4	6	5	5	5	5	5	5	4	5	3	4	5	5
Minimum	0	2	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2
Medián	20	4	5	3	4	5	4	5	4	3	3	3	4	3	2	4	5
Szórás	10,8	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	1,0	0,6	0,9	1,0	0,8
Relatív szórás	80	16	12	22	15	14	20	17	21	21	26	28	28	26	51	28	19
2003. év																	
Mintaszám	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	31	32	32
Átlag	7,8	4,0	4,8	2,6	4,3	4,3	3,7	4,3	4,0	3,1	3,2	2,8	3,9	2,5	2,5	4,4	4,5
Maximum	80	5	5	4	6	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5
Minimum	0	2	4	1	3	2	2	3	2	2	1	1	2	2	1	2	2
Medián	0	4	5	3	4	4,5	4	4	4	3	3	3	4	3	3	4	5
Szórás	15,8	0,8	0,3	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6	0,9	0,7	0,9	1,0	0,9	0,6	1,1	0,6	0,6
Relatív szórás	202	20	8	26	18	18	20	14	23	25	29	35	23	24	46	15	15

3.1.2. fejezet, I. táblázat. A 2001. és 2002.-ben statisztikát hallgatót évfolyamok válaszainak statisztikái

Kérdés sorszáma	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
mintaszám	63	63	63	63	63	63	63	62	63	63	63	63	63	63	62	63	63
átlag	10,63	4,11	4,75	2,78	4,24	4,43	3,83	4,40	4,02	3,32	3,27	2,81	3,78	2,57	2,19	4,11	4,43
medián	0	4	5	3	4	5	4	4,5	4	3	3	3	4	3	2	4	5
percentilis-0,1	0	2	3,62	1	3	2	2	2,61	2	2	1,62	1,62	1,62	1	1	1,62	2
percentilis-0,2	0	4	4	2	4	4	3	4	3	3	3	2	3	2	1	4	4
percentilis-0,3	0	4	5	3	4	4	3,93	4	4	3	3	2	3,47	2	1	4	4
percentilis-0,4	0	4	5	3	4	4	4	4	4	3	3	2	4	3	2	4	4
percentilis-0,5	0	4	5	3	4	5	4	4,75	4	3	3	3	4	3	2	4	5
percentilis-0,6	20	4	5	3	4	5	4	5	4	3,06	4	3	4	3	3	4,29	5
percentilis-0,7	20	4,04	5	3	4	5	4	5	5	4	4	3	4	3	3	5	5
percentilis-0,8	20	5	5	3	5	5	4	5	5	4	4	4	5	3	3	5	5
percentilis-0,9	20	5	5	3	5	5	5	5	5	4	4	4	5	3	3,90	5	5
maximum	80	5	5	4	6	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5
minimum	0	2	3	1	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2

3.1.2. fejezet, II. táblázat. 2002. és 2003-ban, a geológus hallgatók kérdőív kitöltésével adott válaszainak összesített alapstatisztika

Csoport	2001/2002 tanév		2002/2003 tanév	
	(Fő)	(%)	(Fő)	(%)
I.	19	58	14	42
II.	5	38	8	62
III.	5	35	9	65

3.1.2. fejezet, III. táblázat. Klaszter analízis alapján meghatározott hallgatói csoportok szám-
szerű és százalékos összetétele

Wilks' lamda	Kérdés	Kér- dés sorsz.
0,374	Ha az óraszám nem megfelelő, heti hány órát javasol?	5
0,583	Az óraszámot a tematikához optimálisnak ítéli meg?	4
0,640	A gyakorlaton megfelelő mennyiségű és minőségű feladat szerepelt amely segített a tananyag elmélyítésében?	7
0,662	A tantárgyi tematikát teljesíthetőnek tartja?	2
0,679	A megszerzett statisztikai ismeretek hatékonyan segítik ill. befolyásolják leendő szakmai döntéseit?	11
0,694	Mennyire fogja használni a tanult anyagot leendő munkájában?	10
0,761	Az óra hatékonyan szolgálta a hallgatók szakmai fejlődését?	9
0,853	Mennyiben kapcsolódott a tárgy az eddig hallgatott egyéb tárgyakhoz?	12
0,875	Véleménye arról, hogy ha csak számítógép használatával történne az oktatása?	15
0,906	Mennyivel tartaná hatékonyabbnak tanulását, megalapozottabbnak tudását, ha a tárgyat számítógép alkalmazásával tanulná?	13
0,925	Az ismertetett tematikát tartalmilag elegendőnek tartja?	3
0,929	Az órák megfelelően építkeztek a korábbi órák ismereteire?	8
0,9542	Mennyivel tartaná hatékonyabbnak tanulását a tárgyat szakmai példák alkalmazásán keresztül tanítanák?	16
0,968	Szükségesnek tartja-e - valós adatok feldolgozásával - az egyéni feladatmegoldást, házi dolgozat bevezetését az oktatásba?	6
0,980	Mennyivel tartaná jobbnak tudását, ha a statisztika tárgyat szakmai példákat tartalmazó tankönyv segítené?	17
0,992	Mely oktatási formát tartaná a legjobbnak a statisztikához?	14

3.1.2. fejezet, IV. táblázat. Wilks' lambda értékek, 2001. és 2002. évekre

3.2. Az oktatás módszertanának változtatása és a hallgatói vélemények értékelése a 2004. és 2005. évek őszi féléveiről

A 2001. és 2002. évben végzett felmérés vizsgálati eredményei alapján megállapítottam, hogy van igény a számítástechnika bevonására és a szakmai példákon keresztül történő oktatásra. A megvalósítás egyik eleme, a számítástechnika labor biztosítása, azonban nehézségekbe ütközött, mert az ELTE-n levő számos ilyen jellegű terem a hallgatói létszámhoz képest kevés. Következésképpen minden alkalmas terem, szinte állandóan foglalt. Ha ez a helyzet nem állt fenn, akkor az időpont nem felelt meg a geológus hallgatók időbeosztásának. Végül olyan lehetőséget sikerült biztosítani, ahol 9–10 számítógép állt rendelkezésre. A hallgatói létszám 40 és 50 között volt mind a két évfolyamon, a 2004. és 2005. években. Két csoportot lehetett szervezni, ami azt jelentette, hogy egy számítógép előtt többségében két hallgató ült, míg néhány esetben három. Ennek a helyzetnek nyilván való következménye, hogy nagyon nehezen, vagy inkább nem lehetett aktivizálni azokat a hallgatókat, akik nem ültek gép előtt, hiszen többnyire csak szemlélői, mint sem aktív részesei voltak az órának. További nehézséget jelentett, hogy nem lehetett megszervezni a hallgatóságnak azt a gyakorlatilag egyöntetűen kifejezett óhaját, hogy a hagyományos előadás egyes fejezetei után legyen a számítógépes gyakorlat. A gyakorlat az utolsó két alkalommal volt megtartva, összesen négy 45 perces órán. Ez az időkeret lehetővé tette, hogy a hallgató annyi ismeretet szerezzon, ami után azonnal tudja alkalmazni szakmai gyakorlatában a statisztika módszereinek néhány frekvenciáltabb részét.

Módszertani kutatásom kitűzött céljának megfelelően, számítógéppel támogatott oktatás keretében szerettem volna megmutatni a hallgatóságnak a statisztika néhány tárgykörét, szakmai példákon keresztül. Ehhez ki kellett választani a legalkalmasabb szoftvert és több szempontból szakmailag érdekes és változatos példát. A szoftverre vonatkozó döntés okait a 3.2.1, míg a példákat és az órák menetét a 3.2.2. fejezet mutatja be.

3.2.1 Az órán használt szoftver kiválasztásának körülményei

A statisztika oktatásának metodikájáról olvasott irodalom alapján tájékozódhattam, milyen sok statisztikai szoftvert használnak oktatási célokra a világban. Az volt a tapasztalatom, hogy előszeretettel alkalmazzák a programcsomaggal támogatott oktatási formát a közgazdaságtanhoz, pszichológiához és szociológ-

giához kapcsolódó statisztika tanításban. Elvértve találkoztam természettudományokhoz kötődő esetekkel. Sokan használják a Minitab-ot, az SPSS-t, Statistica-t és a táblázatkezelő Excelt. El kellett döntenem mely programcsomagot választom oktatási célra. Ehhez azonban át kellett tekinteni az egyes programcsomagok tudását, kezelhetőséget, grafikus lehetőségeit, az eredmények értelmezhetőségét, a használat jogi rendezettségét, a földtanban meglévő és várható elterjedtségét.

A MINITAB programot 25 éve fejlesztették ki felsőfokú oktatási, illetve kutatási célfeladatokra. A Minitab sokoldalú statisztikai programcsomag, számos alkalmazást kínál a statisztikai elemzéshez. Habár az elmúlt évek fejlesztései nyomán számos új alkalmazás bekerült a csomagba, a bonyolultabb statisztikai műveletek hiányoznak belőle. Grafikai teljesítménye kiváló, az elkészített ábrák pedig könnyen szerkeszthetők, módosíthatók. A programcsomag előnyei közé tartoznak az intuitív felhasználói felület, fejezetekre tagolódó on-line súgó, egyszerűen érthető és instruktív gyakorlati példák, könnyű adatbevitel és adatmódosítási lehetőségek, viszonylag könnyen értelmezhető az eredmény megjelenítése, számos diagnosztikai és leíró statisztikai eszköz illetve teszt alkalmazása. Hasonló felület és működés jellemzi, mint az egyéb egyszerű Windows alapú alkalmazásokat. A szakirodalom szerint kitűnő bevezető gyakorlati statisztikai órák tarthatók, ahol az egyes alapelvek gyakorlati alkalmazásait lépésről lépésre sajátíthatják el a diákok a rendelkezésre álló példák megoldásával (Prvan és munkatársai, 2002). Néhány hazai oktatási intézményben sikerrel használják. Nem tudok olyan hazai könyvről, aminek közvetlen célja lenne, hogy segítsen a program megismerésében. Olyan viszont van a magyar könyvpiacra, ami bevezeti az olvasót a statisztika alapjainak és módszereinek elsajátításába és megismerteti a MINITAB statisztikai programcsomag alkalmazásával (Baráthné és munkatársai, 1995).

Az SPSS for Windows programrendszer az adatfeldolgozások egyik nemzetközileg leginkább elterjedt eszköze. Szolgáltatásainak tág körét és használhatóságát tekintve a világ egyik vezető terméke. Elsősorban a társadalomtudományok és a pszichológia alkalmazza előszeretettel. Szinte minden bonyolultabb statisztikai elemzés professzionális szinten elvégezhető vele, de alkalmas a kezdeti statisztikai alapelvek gyakorlati elsajátítására is. A grafikai ábrázolások magas színvonalúak, de az elkészített ábrák szerkesztése, módosítása időt és valamivel több erőfeszítést igényel, mint egyéb programcsomagoknál. Egyik előnye, hogy a bemeneti változók neveit fel lehet tüntetni az adatoszlopokban, ami általában egyéb csomagoknál hiányzik. Hiányoznak a súgóból a kidolgozott mintapéldák és az egyszerű adatfeldolgozás is a menüsorban levő gom-

bokkal, ami például megvan a MINITAB-ban. Az összefoglaló adatokat viszonylag nehéz elemezni. Az adatformátum miatt egyszerre csak egy adatsorral dolgozhatunk az adatszerkesztő ablakban. Szakirodalmi vélemények szerint a diákok egy órás bevezető után, ami tartalmazta az adatbevitel, adatszerkesztési lehetőségeket illetve néhány ablak használatát, viszonylag könnyűnek találták a program kezelését. (Prvan és munkatársai, 2002). Az SPSS oktatása és alkalmazása egyre nagyobb teret kapott és kap a hazai felsőoktatásban, aminek oka, hogy az SPSS cég a hazai felsőoktatás egésze számára már 1996 óta egységes és anyagilag nagyon kedvező hozzáférést biztosít a legfontosabb modulokhoz. Az SPSS programrendszer ezért sok hazai felsőoktatási intézményben a különböző statisztikai, vagy statisztikát használó tárgyak oktatásának alapja, amit több, az oktatást magyar nyelven is megjelent könyv segít (Székelyi és Barna, 2002, Ketskemény és Izsó, 2005).

Az amerikai StatSoft, Inc. cég által fejlesztett STATISTICA termékcsalád az adatfeldolgozás és a matematikai statisztika terén felmerülő feladatok elvégzésére szolgál, és nagy teljesítményű, funkciókban gazdag önálló programokból és speciális kiegészítő modulokból áll. Mind oktatási, mind kutatási területen eredményesen alkalmazható. Grafikai tudása rendkívül gazdag, ábrái könnyen szerkeszthetők. Lehetővé teszi több „korlátlan” méretű fájl megnyitását, a többfeladatos futtatást (multitasking). A számítások során kijött eredményei könnyen értelmezhetők. Nagyon jó kapcsolati lehetőségei más programcsomagokkal. Több hazai felsőoktatási intézmény rendelkezik úgynevezett Intézményi STATISTICA licensszel, ami anyagi szempontból kedvező hozzáférést jelent. Az oktatást és kutatást magyar nyelven megjelent könyv is segíti (Kemény és munkatársai, 2004).

A Microsoft Corporation, Microsoft Office EXCEL programcsomagja nem statisztikai alkalmazásnak készült, mégis előszeretettel használják ilyen célokra az üzleti, gazdasági és ipari életben. A programcsomag kitűnő táblázatkezelő alkalmazás, egy bevezető jellegű statisztika kurzus keretében oktatott statisztikai alkalmazások mind elérhetőek benne. Táblázatkezelő jellege miatt az adatbevitel és adatkezelés nagyon egyszerű és gyors. Használatában jelentős korlát lehet, hogy csak 254 oszlopot és 65536 sort tud kezelni. Súlyos megfélemlítés az elvárásoknak, de hiányoznak belőle az egyes témákhoz kötődő gyakorlati példák. Az elkészített ábrák könnyen módosíthatóak.

A statisztikai programcsomagokhoz hasonló menüpontot is tartalmaz (a program telepítése során nem aktiválódik alapértelmezetten), de ez az adatelemzési eszköz viszonylag korlátozott képességekkel rendelkezik az elemző statisztikát illetően. Az EXCEL statisztikai eszközeit jól úgy lehet használni, ha

az adott függvényeket beírjuk. Ilyen módon, ha használni szeretnénk az adott statisztikai eszközöket az Excelben, tisztában kell lennünk a mögöttük rejlő alapelvekkel illetve, hogy a gyakorlati életben milyen életszerű problémák megoldására milyen eszközt szoktak alkalmazni. A bonyolultabb statisztikai elemzések nem kivitelezhetőek a programban. Néhány egyszerűbb elemzés is gyakran ötletet kíván. Ugyanakkor az EXCEL, mint az irodai alkalmazások része rendkívül széles körben elterjedt. A földtannal kapcsolatos szakterületeken szinte kizárólagosan ez az egyetlen adatelemző eszköz ami a felhasználók rendelkezésére áll. Jelentős előny, hogy a hallgatók a program használatával már tisztában vannak, így célszerű, hogy megismerjék alapszintű statisztikai elemzésekben is. Fontos az is, hogy megismertessük őket azzal, hogy a programcsomagnak ilyen téren milyen korlátai esetleg hibái vannak. Ilyen például, a hisztogram parancs segítségével előállított ábra nem a hagyományos értelemben vett hisztogram ábrázolást készít. A végeredmény módosítható, erre vonatkozóan hasznos útmutatásokat találunk az irodalomban (Middleton, 2004). A leíró statisztikai adatok előállítása egyszerű, azonban fel kell hívni a figyelmet, hogy az adatelemzés menüpontban az eredmény fejlécében helytelen magyarra fordítás történt (mintából számított átlagot, várható értéknek). Az adatok grafikus elemzéséhez egyéb statisztikai programokhoz képest a legkevesebb lehetőséget az Excel adja (hisztogram). Amíg boxplotokat célszoftverekkel könnyen készíthetünk, EXCELben ez szintén nehezebb. Ehhez hasonló problémák a feldolgozások során gyakran felmerülnek, melyek közül sokra találhatunk megoldást a szakirodalomban (Hunt és Sidney, 2002, Hauptman, 2004, Hunt, 2001, Hunt és Mashhoudy, 2004, Derek, 2004). A napi gyakorlatban megoldandó feladatok megoldásához jó segítséget ad Anderson (1999), Middleton (2004), Rappai (2001), Kovalcsikné (2004), Jánosa (2005) és számos más szerző könyve.

Az statisztika oktatásában az EXCEL programcsomag használata mellett döntöttem. Ennek természetesen több oka van:

- A matematikai statisztika célja a geológus képzésben az, hogy a statisztika módszereit ismerő szakembereket neveljen,
- A statisztika nem mint önálló diszciplína jeleneik meg a földtanban, hanem annak vagy általa alkalmazott tudomány részeként,
- Az EXCEL minden irodában megtalálható, alkalmas a statisztikai alapkursus módszereinek megértésére, gyakorlására.
- Az így megszerzett tudás alkalmazható lesz egyéb, a földtanban használatos szoftverekben megjelenő statisztikai módszerek alkotó módon történő használatára.

3.2.2. Az órák példái és tematikája

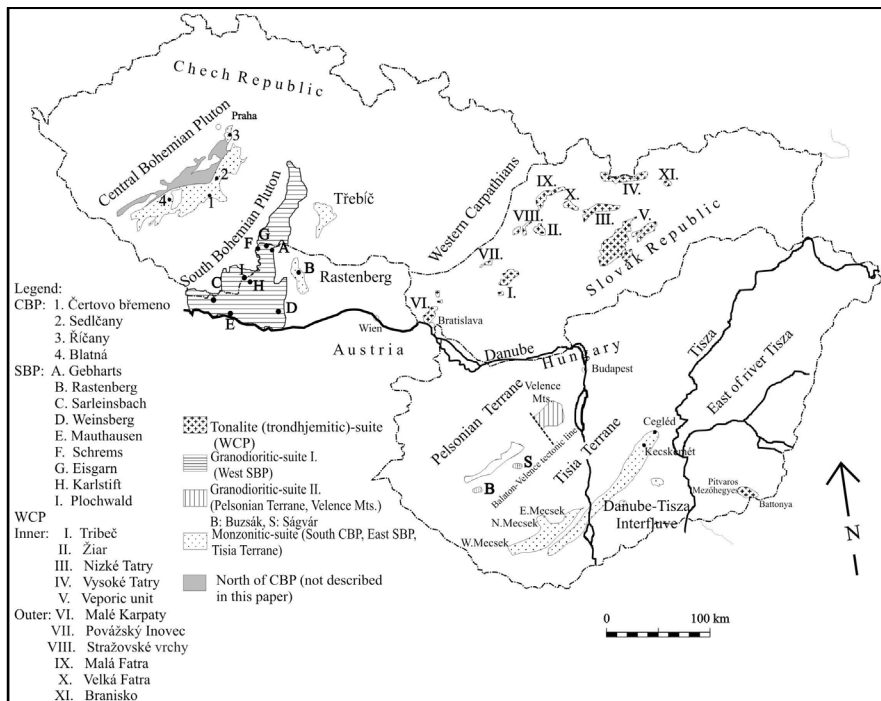
A számítógéppel támogatott gyakorlat az elméleti órákon elsajátított alapelvek valós gyakorlatban való kipróbálását tette lehetővé a hallgatók számára. A feladatokban kérdéseim arra irányultak, hogy értelmezzük a statisztikai elemzések során kapott eredményeket

A példák kiválasztásánál több dologgal kellett szembenézni. Matematikusként a geológus oktató kollégáktól kértem segítséget a szakmai problémák felvetéséhez, majd az ezekre az adatokra vonatkozó statisztikai kiértékelést követően az eredmények szakterület szerinti értelmezéséhez. Olyan adathalmazt kellett keresni, ami nyilvános, vagy ha nem, oktatási célra, földrajzi koordináták eltávolítása után hozzáférhető. Lényegesnek tartottam földtani szempontból (vagy egyéb jellemzők, példáulul mélység) különböző, több valószínűségi változóval rendelkező, nagy elemszámú mintarealizáció vizsgálatát.

Nagy jelentőségűnek véltem, hogy a geológus szakma szempontjából olyan érdekes feladatokat fogalmazzak meg, amit egy másodéves, eddig csak az alapozó tárgyak anyagát ismerő hallgató számára is érthető. Módszertani kutatásaim során az említett feltételek mellett sikerült találni egy kőzetan-geokémiai, vízföldtani és környezetföldtani példát, melyek részleteit az alábbiak tartalmazzák.

Kőzetan-geokémiai példa

Kémiai összetétele alapján a variszkuszi hegységképződés során, mintegy 200 millió évvel ezelőtt létrejött magas lánchegységek, azóta alacsony középhegységgé lepusztult maradványaiban, a gránit testek biotit ásványainak hasonlóságait több kutató vizsgálta. Buda és munkatársai (2004) 203 darab gránit minta biotit ásványainak a SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , FeO , MnO MgO adatait dolgozta fel, Közép-Európa területéről (3.2.1. fejezet, 1. ábra). A szerzők saját kémiai vizsgálatait és publikált adatok feldolgozása során négy csoportot határoztak meg (3.2.1. fejezet, 2. ábra), aminek alapján következtetéseket vontak le az egyes gránittestek képződési körülményeire vonatkozóan. Ez a kőzetan-geokémiai adathalmaz az oktatás számára lehetőséget adott az adatok általános jellegének vizsgálatára, statisztikai számításokra, amiket az MS EXCEL-lel végeztünk el.

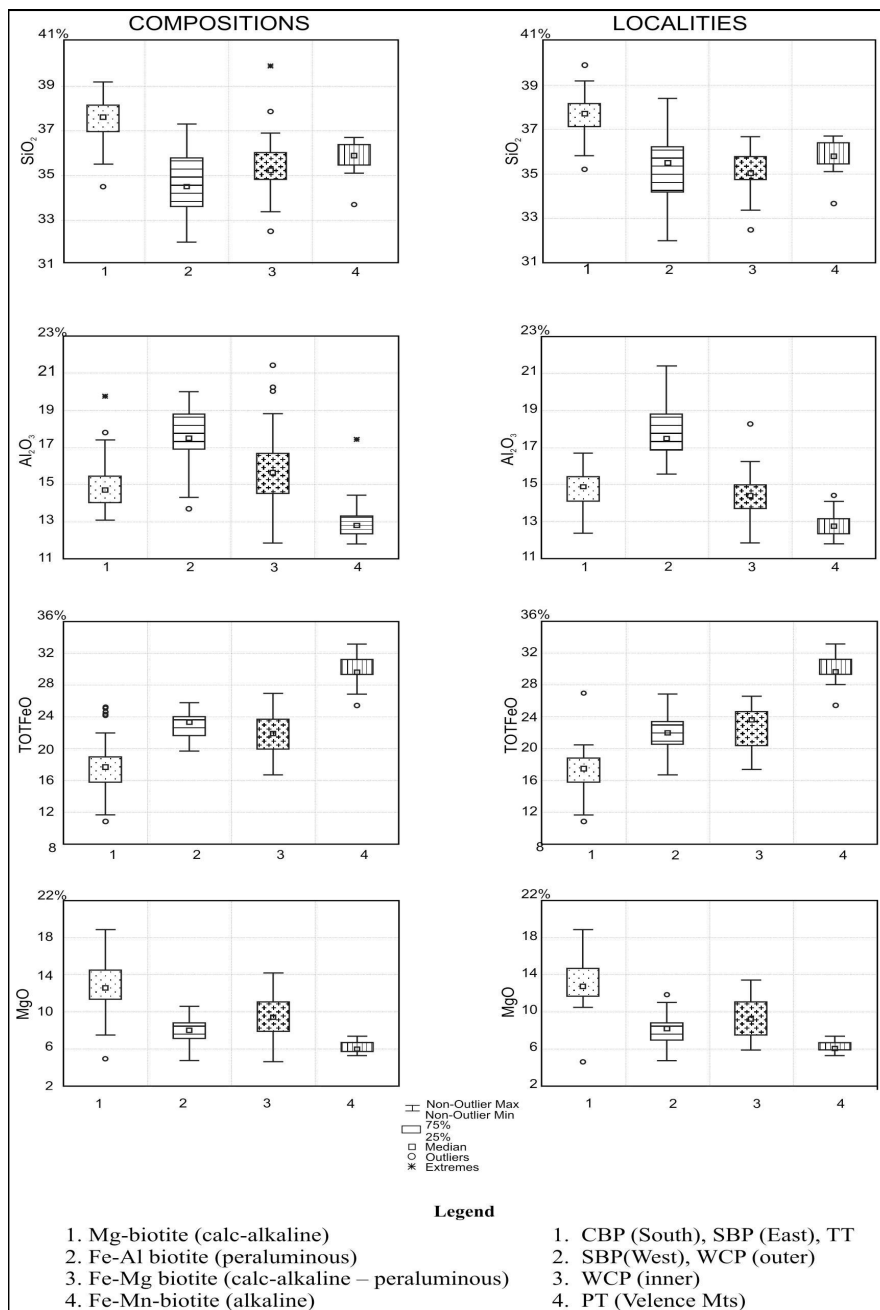


3.2.1. fejezet, 1. ábra. Biotit mintavételi helyek, Közép-Európából, Buda és munkatársai (2004)

Az órák menetét a következőképpen építettem fel:

A hallgatókat röviden tájékoztattam az adathalmaz eredetéről és felépítéséről, és többek között arról mit jelent a négy csoport. Arra a szakmai kérdésre kellett megtalálniuk a választ a statisztika eszköztárával, hogy mennyiben különböznek a statisztikák az egyes csoportok kémiai paramétereire vonatkozóan. A számított alapstatisztikák segítségével próbáljanak meg következtetéseket levonni az egyes csoportok közettani-ásványtani tulajdonságaira. Határozzák meg a kémiai jellemzők közötti korrelációs mátrixot. Vizsgálják meg milyen korrelációs együtthatókat kaptak és vessék össze a tapasztaltakat kémiai, ásványtani, közettani és geokémiai ismeretekkel.

Az általam összeállított, mind oktatás-módszertani, mind szakmai (geológiai) szempontból fontos számítások, amelyeket a hallgatóknak is el kellett végezni a CD mellékletben, a „Variszkuszbiotit.xls” fájlban található. Az alapstatisztikákon („1_csop_stat”, „2_csop_stat”, „3_csop_stat”, „4_csop_stat”



3.2.1. fejezet, 2. ábra. Összetétel és mintavételi hely szerint csoportosított biotitok statisztikai adatai, Buda és munkatársai (2004)

munkalapok) szemléletesen mutatható meg, hogyan változik egyes csoportok esetében a kémiai összetétel és ennek alapján a közettani elnevezés. Fontos információval szolgál az elemek mobilitása szempontjából a relatív szórás. Ennek azonban ellenpéldájával szolgál a Ca, ami a 4. csoportban („4_csop_stat” munkalap) rendkívül nagy értékével hívja fel magára a figyelmet. Érdeemes megtekinteni mi ennek az oka. Mit jelent a számtalan „0” érték? Ennek kapcsán el lehetett mondani a hallgatóknak milyen problémát jelent, ha az adott paramétert nem tudják megmérni és helyette az adott analitikai technika kimutathatósági határa jelenik meg mért értékként. Hasonlóképpen tanulságos a korrelációs mátrixok („1-4_csop_korr_matr” munkalapok) megtekintése. Például a legnagyobb korrelációs együttható a MgO-Total Fe viszonylatában látható. Értékei a -0,89 és -0,16 között vannak. Fontos kérdés, hogyan lehetséges, hogy a Velencei-hegység esetében, csak -0,16. Ennek oka egy kémiai elemzési probléma, ami a két és három vegyértékű Fe jelenlétére vezethető vissza. Statisztikai szempontból az is lényeges, hogy a realizáció elemszáma csak 18. Két pontdiagram készült, célszerűen a nagyobb elemszám miatt, az I. csoportra („I_csoport” munkalap, I. ábra). Egy a kis, és egy a nagy korreláció esetére. A $\text{Na}_2\text{O-TiO}_2$ („I_csoport” munkalap, II. ábra) esetében fel lehetett hívni a figyelmet a már említett „0” problémára, valamint a TiO_2 tengelyével párhuzamosan elhelyezkedő Na_2O pontokra, ami az analitikai technika mérési pontosságára utal. A kis korrelációs együttható azt jelzi, hogy a magmában, különböző időben jut szerephez a Na_2O és TiO_2 . A MgO-Total Fe (I. csoport munkalap, II. ábra) esetében a regressziós egyenes és egyenlete meghatározásra került.

Hidrogeológiai példa

A gyakorlatokon bemutatandó példák és feladatok kiválasztása lényeges és egyáltalán nem könnyű feladat. A hidrogeológiában sok mért adat születik, melyek közül a legfontosabb a hidraulikus emelkedési magasság valamint annak idő-és térbeli változása. A statisztikai szempontból kedvező helyzet ellenére, a gyakorlatokon bemutatandó és didaktiai szempontból megfelelő feladat megtalálása sok energiát emésztett fel. Ennek okai a következőkben foglalhatók össze.

A II. éves geológus hallgató tanulmányainak II. félévében klimatológia és meteorológia, míg III. félévében hidrogeológia c. tárgyakat hallgat (<http://ttkto.elte.hu/kredit/index.htm>). Ez lehetővé teszi, hogy hidrológiai vagy hidrogeológiai feladatokat is bevonjunk a statisztika oktatásába. Az érintett geológus kol-

légák véleménye szerint, a felszíni vizekkel történő foglalkozás szakmai szempontból könnyebb lenne, mert folyamatai könnyebben érthetőek, de a geológia számára ez a terület perifériális, nagyobb részben kapcsolódik a hidrológiához. Ezért a módszertan szempontjából azt a koncepciót fogadtam el azokkal a geológus oktatókkal egyetértésben, akik valamilyen módon kapcsolódnak a statisztikához és a táblázatkezeléshez, hogy az utóbbiban, amikor néhány statisztikai függvény oktatását végzik az MS EXCEL-ben, felszíni vizekből hozott adatokkal dolgozzanak. Erre a hallgatók érdeklődésére is számot tartó példát ad, a Balaton 10 mintavételi pontján vett és 25-30 kémiai és biológiai komponensre vizsgált idősor. Külön segítséget ad az oktatáshoz, hogy ezeknek az adatoknak 10 esztendő felölő feldolgozása bizonyos adatelemző és idősoros vizsgálatokkal megtörtént (Koroknai és munkatársai, 2005, Kovács és munkatársai, 2006). Hasonló érdeklődésre tarthatnak számot a Velencei-tó vízkémiai idősorai is, amelyeknek feldolgozása geostatisztikai oldalról történt meg (Kovács és munkatársai, 2005).

A felszín alatti vizek tekintetében a hallgatóknak már vannak bizonyos ismereteik a víztartók fizikai tulajdonságaira vonatkozóan és tisztában vannak azok alapfolyamataival. Statisztikai szempontból viszont alapvető kérdés, hogy mely víztartókra van jó minőségű és kellő számú adat. Két lehetőség adott: a karsztos víztartók és a talajvizek. Mind a két víztípus tekintetében sok földtani, hidrogeológiai információ áll rendelkezésre, ami a statisztika eszköztárának segítségével kapott eredmények interpretálása szempontjából elengedhetetlen.

Az oktatást megkönnyíti, hogy – példaként is felhasználható – vizsgálatok történtek a Dunántúli-középhegység karsztos területeire. Az ottani, bányászati célú vízkivétel azonban olyan nagymértékű beavatkozást jelentett, hogy néhol ennek a hatásnak olyan erőteljes következményei láthatók, aminek következtében nem érzékelhetők a háborítatlan idősorban természetes módon meglévő periodikus változások (Kovács és munkatársai, in print). Arról már nem is beszélve, hogy az 1990. év után a vízkiemelés megszűnt, és egy egészen más irányú folyamat, a víz visszatöltődése indult meg. A kialakult helyzet sztochasztikus szempontból is bonyolult, amelyre több tudományos közlemény is rámutat (Márkus és munkatársai, 1999, 2004; Kovács és munkatársai, 2004; Dryden és munkatársai, 2005). Ez a szituáció is nagyon megnehezíti a hidrogeológiai alapfolyamatok bemutatását. Ennek következtében, bármennyire is megfelelő mennyiségű mért adattal, földtani és vízföldtani szempontból kielégítő információval rendelkezünk a területről, nem célszerű ezt a problémát bevinni egy alapozó tárgy, a statisztika gyakorlatának tematikájába.

A talajvízre vonatkozó adatok szerepeltetése az oktatásban valamivel könnyebb. Ennek elsődleges oka, hogy általában a vonatkozó hidrogeológiai szituáció egyszerűbb, továbbá jelentős számú, több évtizedes idősor áll rendelkezésre. Többek között – a gazdasági jelentőségen túl – ez utóbbi ténynek is köszönhető, hogy a talajvizek statisztikai megközelítésű vizsgálata már évtizedekkel ezelőtt megkezdődött. Az eredmények, mint például Ubell (1953, 1963) és Rétháti (1975) kutatásai jelentős mértékben segítettek annak felismerésében, hogy ezek bemutatása a statisztika oktatásban előnyös és célravezető. A III. félévre szerzett ismeretanyag alapján, a hallgató már ismeri a talajvíz fogalmát, azonban a „részletekkel” még nincs teljes körűen tisztában, így, néhány mondatban rá kell világítani azokra a folyamatokra, amelyek befolyásolják a talajvíz járását. Ennek megfelelően célszerű az alábbiakat ismertetni a hallgatósággal:

A szokványosan talajvíznek nevezett felszínközeli legelső vízzadó réteg vízének helyzetét leginkább az éghajlati, domborzati, földtani, talajtani adottságok határozzák meg, de azt például növényzet és az antropogén tevékenység is befolyásolhatja. A talajvíz - természetes járása esetén - legfontosabb utánpótlódási forrás a helyi csapadék, csökkenésének pedig legfőbb okozója a párolgás (evaporáció, evapotranspiráció) (Pálfai, 1996). Mindkét tényező okozhat rövid, kis ingadozásokat, de fontosabbak a szezonális, éves és többéves (periodikus) változások. Az évszakos időjárási viszonyoknak megfelelően a talajvízjárásnak évi menete van (Ubell, 1963, Juhász, 1987). Az Alföldön megismert legkisebb periódus (az éves periódus után) Rónai (1985) szerint a 14-16 éves periódus; míg Kontur (1985) néhány tiszántúli kút idősorából 12,5 év körüli periódust számolt.

A talajvíz az alatta elhelyezkedő, első vízzáró réteg alatti vizekkel is kapcsolatban áll, egységes hidrodinamikai rendszert alkot, tehát járása a rétegvíz mozgásától, mennyiségétől is függhet. Beszivárgási területeken a talajvíz a rétegvíz felé irányuló lassú mozgásban van (azaz a talajvíz táplálja a rétegvízet), míg a feláramlási területeken ellenkező irányú a vízmozgás, a rétegvízből pótlódik a talajvíz (Pálfai, 1996).

Az emberi tevékenységek közül leginkább a vízkitermelés, az öntözés és a szennyvíz-szikkasztás borítja fel a természetes talajvízjárás menetét (Pálfai, 1996, Rétháti, 1965).

A talajvíz idősort befolyásoló tényezőket a hidrogeológusok, az úgynevezett talajvíz-vízháztartási egyenlettel írják le az alábbiak szerint (Major, 1993):

$$B + L_H + M_H = P + L_E + M_E \pm \Delta V,$$

ahol a

- B a tényleges, tehát a talajvízbe lejutó beszivárgás,
- L_H a vízháztartási egyenlet számára körülhatárolt területre oldalirányból érkező szivárgás,
- M_H a vizsgált térfogathoz alulról, az alatta lévő rétegvízből érkező feláramlás,
- P a talajvízből történő párolgás,
- L_E a vizsgált területre történő elfolyás,
- M_E a talajvízből a rétegvízbe történő beszivárgás,
- ±ΔV a vizsgált egy év alatt történő talajvíztározódás.

Oktatási tapasztalatom szerint – amint az egyenletből is látszik – nagy területet, vagy hosszú időt felölölő valós adathalmaz órai alkalmazása esetén összetett feladatok fogalmazódnak meg. Ez a tény a hallgató részéről több folyamat szakmai ismeretét tételezi fel, amely tény nagy nehézségeket okoz a statisztika tárgy oktatójának is, lévén nem szakember a kérdésben. Ezt a problémát egyrészt a megfelelő adatok kiválasztásával kell áthidalni, másrészt az adott szakmai (földtani) probléma megértésével. Véleményem szerint, hasonló helyzetben célszerű, sőt „kötelező” az adott területhez jól értő kollégákkal konzultációt folytatni. Az „életből” hozott példákban, ha az adott valószínűségi változót nagyon sok tényező befolyásolja, túlzottan sok szakmai kérdés merülhet fel és ilyen esetben nehéz, vagy nem lehet az adott feladatra jól lehatárolt választ adni a statisztika eszközeivel. Ennek az lehet a következménye, hogy nem tisztul le a hallgatóban a kapott információ, aminek következtében nem, vagy nehezen fog tudni különbséget tenni a fontos és kevésbé fontos ismeretanyag között, és esetleg kételyek fogalmazódnak meg a statisztika, mint eszköz használhatóságáról. Ugyanakkor, amennyiben kellően nagy területről származó talajvíz-szint idősorokat viszünk az oktatásba, nagy adathalmazzal dolgozunk, akkor kihasználható az a jelentős előny, hogy bizonyítani lehet a hallgató felé, azt a gyorsaságot, amit a statisztika és a számítástechnika együttes alkalmazásával elérhet.

Az oktatáshoz a Duna-Tisza-közén 185 talajvízmegfigyelő kút adatait is feldolgoztam. A mintavételezett időszakot az adathalmaz mérete, a hidrogeológiai

folyamatok időbeli változásai miatt korlátoztam, az 1990–2000 közötti évekre. A mérési eredményekből átlagadatokat képeztem (lásd melléklet Duna_Tisza_koze_1990_2000.xls file, „Havi_átlag” és „Évesátlag” munkalapjait).

A feladatot a hallgatók számára úgy határoztam meg, látva a csapadék mellett milyen sok tényező befolyásolja a talajvízjárást, hogy készítsük el a korrelációs mátrixot a kutak között és próbáljunk meg következtetéseket levonni arra, hogy mely kutak vízszint idősorait határozzák meg hasonló hatást okozó tényezők. Például vízszint csökkenést okozhat kevesebb beszívargás, vagy több vízkivétel. Mindenekelőtt, fontosnak tartottam egy vagy több idősor ábrájának megjelenítését, hogy a hallgató szembesüljön a talajvízjárás legfontosabb tulajdonságaival.

A talajvízhez kapcsolt másik feladat, a hidrogeológiai gyakorlatban sokszor előforduló hiányzó adat pótlása, amihez regressziót alkalmaztam.

Az órai anyagot a CD mellékletben a Duna_Tisza_koze_1990_2000.xls fájl tartalmazza. A „Korrelációs_mátrix_havi” munkalap mutatja a havi átlagadatokat korrelációs mátrixát. Az eredményből ha kitöröljük az átlóban levő 1-eket és a „#ZÉRÓOSZTÓ!” hibaüzenetet, könnyen kikereshető a kutankénti korrelációs együtthatók közül a legnagyobb, a legkisebb és feltételes formázással jelölhetők a nulla körüliek. Tekintsük az Ócsa-1111 jelölésű és néhány jól, illetve „rosszul” korreláló kutat. Ezek közül kiválasztottunk néhányat, és ábráztuk mindegyiket az idő függvényében (tekintsük meg a „Ábrák_havi_korrelált_és_k_lan” munkalapot). Szemmel látható, hogy a messzemenő következtetésekkel óvatosan kell bánni. A legjobban korreláló, Bátya-3974 kút például csak rövid ideig mért azonos időben az Ócsa-1111 jelű kúttal. A második legjobban korreláló kút a Ráckeve-1130-as. Szinte nulla a korrelációs együttható a Kecskemét-2435 kúttal. Tekintsük meg az ócsai hidrográf adatokat a ráckevei és a kecskeméti függvényében. Jól elmagyarázható, milyen „képet” mutat a pontfelhő, ha a korrelációs együttható nagy, vagy ha 0 közeli. Lineáris és másodfokú polinom regressziós függvények illesztése történt meg. Az MS Excel program lehetővé tette, hogy megjelenítsük, majd értelmezzük ezekre az esetekre a determinációs együttható értékeinek alakulását.

A feladat további részében az éves átlag idősorra egy olyan kutat kívántunk kiválasztani, amelyből hiányzott egy adat, amit egy másik kút segítségével kívántunk becsülni. Ehhez elkészült a korrelációs mátrix („Korrelációs_mátrix_éves” munkalapot). A Tass-1356-os kút 2000. évi adata hiányzik. A korrelációs mátrixból kiderült hogy a Szakmár-1399-es számú kúttal 0,98-as korrelációban van. Az „Adatpótlás” munkalap tartalmazza a két kút adatainak ábráját, a meghatározott trend egyenletét és a 2000. évre vonatkozó becsült értéket. A

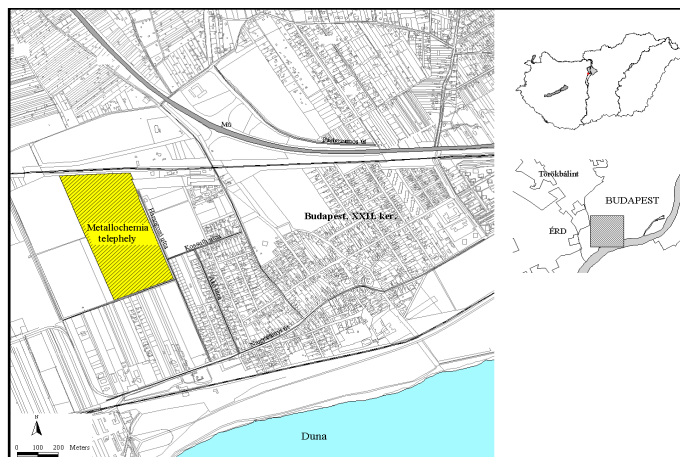
„mért és becsült értékek” elnevezésű ábra grafikusan mutatja be a számítások eredményeit. Itt kell megjegyezni, hogy hidrogeológiai szempontból akkor járunk el a legmegfelelőbbben, ha figyelembe vesszük a kutak vízföldtani környezetének hasonlóságát is, és nem kizárólag a számok alapján döntünk.

Környezetföldtani példa

Budapesten, a Nagytétényi-öblözet területét környezeti kár érte. Ennek elhárítása napjaink egyik legnagyobb kárelhárítási eseménye, amelynek teljes költsége közel 15 milliárd Ft. Előzményként egy teljes körű felmérés készült, földtani térképezéssel, mintavételezéssel és környezeti károsodás esetén, talán soha nem látott hatalmas mennyiségű labor vizsgálattal. Az ilyen módon létrejött adathalmaz nem nyilvános. Azonban a mintavételi pontok koordinátái nélkül a Repét Kft. oktatási célra rendelkezésre bocsátotta, minden olyan információval együtt, amelyek a feladatok megértéséhez szükségesek. Az adathalmazról statisztikai módszerek segítségével nyert eredmények interpretálása elengedhetetlenné teszi a szennyezés körülményeinek, a mintavételezés folyamatának, a felszíni és a felszín közeli talajrétegeknek részletesebb bemutatását.

A környezeti kár nagy része – közvetlen vagy közvetett módon – a jelenlegi Metallochemia telephely helyén 1910. óta folytatott kohászati-vegyipari tevékenységgel hozható kapcsolatba. A környék területi nehézfém szennyezettsége elsődlegesen a Metallochemia telephely ipari poremissziójából ered, amely elsősorban a talaj felszínét szennyezte el, de a csapadék beszivárgása és az évtizedes területhasználatok következtében a mélyebb szintekbe is lejutott (Andó, 1995, Greentech 1993, Horváth et al. 1980., Bata és Andó, 2005). A környezeti állapot szempontjából meghatározó, hogy a kéményekből kiinduló és légi úton terjedő szennyeződés mellett, helyi környezeti károsodások is érték a területet, melyek az ipari salakok feltöltő anyagként való használatára, mezőgazdasági eredetre, gáztisztító massa egykori elhelyezésére, kommunális és egyéb hulladékokkal történt feltöltésére, stb. vezethetők vissza (Greentech 1994, Intron 1991a-b).

A 3,5 km²-en fekvő, mintegy 1400 ingatlannak és 80 közterületnek a környezetvédelmi tényfeltárása, valamint az illetékes környezetvédelmi hatóság előírása szerinti talajcsere műszaki tervének elkészítése megtörtént (Repét 2001a-b-c) és a kármentesítés jelenleg (2007) folyamatban van. A területet az 3.2. fejezet, 1. ábra mutatja.

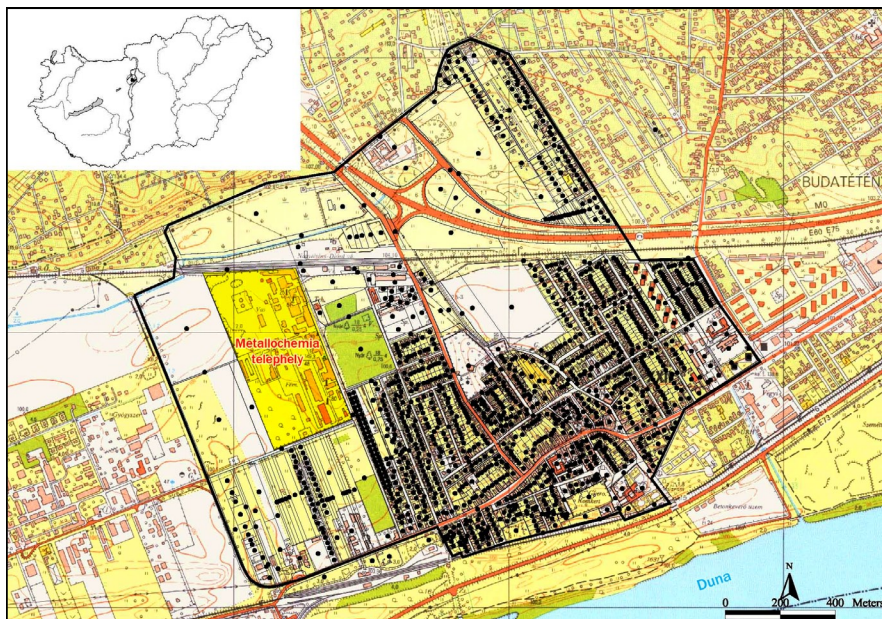


3.2.fejezet 1. ábra. A Metallochemia telephely és az érintett ingatlanok (Repét Kft, 2001 nyomán)

A fúrási rétegsorokból 20 cm-ként (0,0–0,2 m; 0,2–0,4 m; 0,4–0,6 m és 0,6–0,8 m és 0,8–1,0 m-es mélységközökből) 0,5–0,5 kg mintát vettek. Az azonos helyrajzi számú ingatlanon mélyített feltáró fúrások azonos mélységközéből vett mintaanyag egyesítésével és összekeverésével képezték a laboratóriumi vizsgálatra leadott, az adott szintre jellemző, mintegy 1 kg tömegű úgynevezett környezetföldtani átlagmintát. A kézi fúrások feltárás 1202 különböző helyrajzi számú ingatlanon történt meg, 2339 ponton. A lemélyített fúrások elhelyezkedését a 3. 2. fejezet, 2. ábra mutatja. Összesen 7161 db, adott mélységszintre jellemző környezetföldtani átlagmintát képeztek. Az ingatlanokról vett minták mélység szerinti megoszlása a következő:

Mélységköz [m]	Átlagminta száma [db]
0,0-0,2 m	2384
0,2-0,4 m	1215
0,4-0,6 m	1210
0,6-0,8 m	1186
0,8-1,0 m	1166
1,0-1,2 m	4
1,2-1,4 m	4

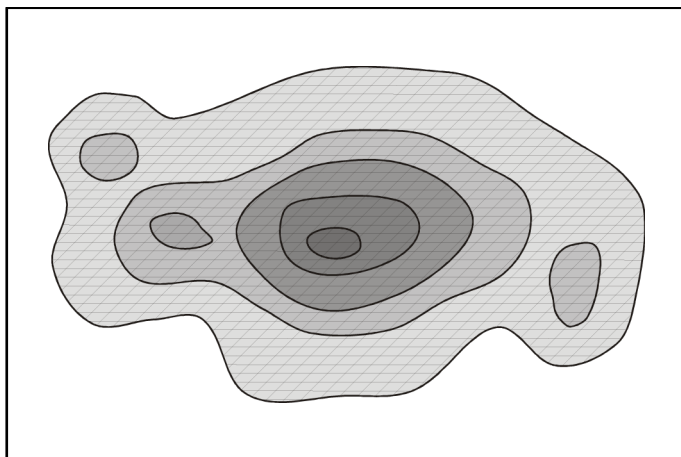
3.2. fejezet, I. táblázat. Metallochemia telephely környezetében levő ingatlanokról vett minták talpmélység szerinti megoszlása (Repét Kft. 2001b)



3.2. fejezet 2. ábra. A lemélyített fúrások elhelyezkedése (Repét Kft, 2001 nyomán)

A szennyezettségi állapot megállapítása érdekében 3245 db kiválasztott talajmintából történt meg az elemtartalom vizsgálat, 24 elemre vonatkozóan (Repét 2001, b-c).

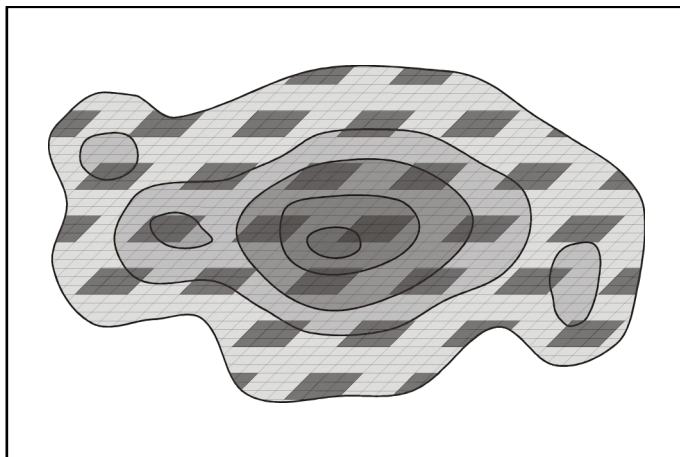
Amint az előzőekből kiderül, a matematikai statisztikától eltérően itt a mintának van fizikai térfogata. Az órákon a tanár fontos feladata megvilágítani a földtani és matematikai minta közötti különbséget és bemutatni a kapcsolódási pontokat. A matematikai statisztika szemlélete szerint valamely időben és térben változó természeti jelenség adott időponthoz rendelhető három dimenziós metszete, elméletileg végtelen számú ($N = \infty$), „nulla térfogatú” ($V=0$) elemi részre osztható. Ebből következően a jelenség kutatása során valamely változó (földtani szóhasználatban „paraméter”) vonatkozásában egyetlen olyan minta realizáció állítható elő, melynek elemszáma végtelen. Elméletileg ez az adathalmaz tekinthető a vizsgált sokaságnak. Amennyiben az elemi részek „térfogat”-a továbbra is nulla, de $N < \infty$, a minta realizációk száma (n) növekszik. Az elmondottakhoz a végtelen sokaság szemléltetéséhez tekintsük meg a 3. 2. fejezet, 3. ábrát.



3.2. fejezet 3. ábra. Egy elméleti jelenség egy adott paraméterének izovonalas képe. A jelenség „terület”-ét „végtelen számú” „nulla térfogat”-ú elemi részre osztottam fel.

A földtani gyakorlatban a minta elemi részeinek „térfogat”-a nem nulla, hanem nullánál nagyobb és mindenképpen mérhető nagyságú. Az esetek zömében nincs arra lehetőség, hogy közel végtelen elemszámú mintát vegyünk, vagy a mintavételt kisebb elemszám mellett többször megismételjük. A helyzet tehát az, hogy $V \gg 0$, de a jelenség egészéhez képest $V \gg 0$, azaz a minta elemek térfogata és a szórás közötti kapcsolatot figyelmen kívül lehet hagyni, de $N \ll \infty$. A 3.2. fejezet, 4. ábra erre mutat be egy lehetséges minta realizációt $N < \infty$ és $V > 0$ esetére (Székely I., 2006). A Metallochemia telep esetében is tulajdonképpen ez a mintavételezési helyzet áll fenn, azzal a különbséggel, hogy a vizsgált ingatlanokról több nem nulla térfogatú mintát vettek és azt fizikailag összekeverték. Az így nyert 1kg anyagból a talajtani mintavételezés előírásait rögzítő szabályok betartásával képezték a laborvizsgálathoz felhasznált néhány gramm mennyiségű mintát.

A hallgatók részére összeállított a területre vonatkozó adatokat három mélységközre és 24 kémiai paraméterre vonatkozóan a Metallochemia.xls fájl tartalmazza. Az elvégzendő feladatokat a következőképpen fogalmaztam meg. Számítsuk ki két mélységközre, a 0,0–0,2m-es és a 0,2–0,4m-es szintekre, az EXCEL által az adatelemzés menüpont alatt felkínált alapstatisztikákat, valamint a relatív szórást és értelmezzük azokat. Az eredmények alapján keressünk olyan valószínűségi változókat, amelyek közel normális eloszlást mutatnak.



3.2.fejezet 3. ábra. Egy lehetséges minta realizáció, $N < \infty$ és $V > 0$ esetén

Készítsünk hisztogramokat egy normális és egy nem normálisnak tűnő változóra. Ismerve a terület földtani és környezetföldtani helyzetét, adjunk választ arra, miért olyan a választott változó eloszlása. Határozzuk meg a korrelációs mátrixot az egyik mélységközre. Keressük meg mely változó pároknál kapjuk a legkisebb, a legnagyobb és közel nulla korrelációs együttthatókat. Készítsünk ábrákat, valamint egy jól korreláló változó pár esetén illesszünk regressziós egyenest.

Az elvégzett munkát mutatja be CD mellékletben a Metallochemia.xls fájl. A „Stat_00_02” és „Stat_02_04” munkalapjain az átlag szórás stb. kívül érdemes áttekinteni a relatív szórásokat is. Rendkívül jól érzékelhető, melyek azok a kémiai elemek, amelyek a szennyezésből származnak. Ilyen az As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Pb, Zn. Ezeknél a változóknál ugyanis nagyon magas a relatív szórás. Ennek oka, hogy területileg nagyon változatosak a változók mért értékei. Néhány esetben jelentős különbség van a vizsgált mélységek között is, amire az átlag értékeinek alakulása világít rá.

A poremisszióból származó nehézfém szennyezés – a csapadék hatására – elkezdett leszivárogni. A migrációs folyamatot azonban, vízszintes és függőleges értelemben változékonny földtani viszonyok vezérlik. Különleges esetet képvisel a Hg, ami illékony. A legfelső talajrétegből vagy leszivárgott vagy elpárolgott. Ezért nem meglepő, hogy a felső 20 cm-es rétegben kisebb átlaggal és relatív szórással rendelkezik. Míg a következő 20cm-es rétegben az átlag 50%-al, a relatív szórás 900%-al magasabb. Vannak olyan elemek, amelyekre hasonló

statisztikákat lehetett számolni, mind a két szint esetében. Amikor a két szint között hasonló statisztikákat határozzunk meg, elég nagy biztonsággal állítható, hogy az adott talajt felépítő természetes elemeloszlásáról van szó. Ilyen a Ca, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Ti, V. Az elmondottakat az „Összesített stat” munkalap egyetlen helyen tartalmazza.

Következő feladat az eloszlás típusának meghatározása, a számított statisztikák alapján. A feleletet a hallgatóság a statisztika elméleti részében kapott alapokból meg tudja adni. Ezek után válasszuk ki a Ca-ot, amely nem szennyező változó. Mivel a mintákban mennyiségét a talajképződéshez kapcsolódó természeti paraméterek befolyásolták, közel normális eloszlásúra várjuk. Az eredményt a „Hiszt_Ca_0,0-0,2méter” munkalap mutatja be. Ugyanakkor már a számított statisztikák alapján is látható: a kadmium eloszlása távol áll a normálistól. Eloszlását a „Hiszt_Cd_0,0-0,2m” munkalap mutatja. A rekesztartományok és a grafikus ábrázolás is egyértelműen láthatóvá teszi, hogy néhány kiugró adat miatt az automatikus rekesztartomány meghatározása nem hoz értékelhető eredményt. Az MS EXCEL lehetővé teszi a manuális hisztogram készítést, ehhez azonban a cellatartományokat ki kell számolni, amire a gyakorlat időkerete nem adott lehetőséget. A változók közötti korrelációs mátrixot a „Korr_Matr_0,0-0,2” munkalap tartalmazza, jelen esetben feltételes formázással színezve (türkisz kék) az abszolút értékben 0,85-nél nagyobb értékeket. Ez a feltétel két paraméter-pár esetében teljesült, nevezetesen a Li-Co, és a Fe-Co vonatkozásában. Az említett elemek eloszlása, mivel nem úgynevezett technológiai elemek, a szoros kapcsolat természetesnek tekinthető. Azonban geokémiailag indokolt lenne több nagyobb, hasonló nagyságú korrelációs együtttható léte. Ilyen például a Fe-Mn, Pb-Cu, As-S, stb... A korreláció hiányát több tényező befolyásolja. A természetes elemeloszlás jelentős mértékben módosult antropogén hatásra, a talajszelvényekhez keveredett por következtében. A kiülepedett por azonban nem volt „egyenletes”, mivel annak összetételét a Metallochemia telephelyen folytatott ipari tevékenység, az éppen aktuálisan feldolgozott nyersanyag összetétele és az alkalmazott technológia befolyásolta. Ezután a talaj elemeloszlása még tovább módosult, a helyben lakók által végzett különböző tevékenységek (ásás, talajráhordás stb...) hatására.

Az elmondottakból jól látszik, milyen nehéz oktatás céljára minden szempontból „tökéletes” adathalmazt találni. Környezetföldtani feladatok statisztikai eszközökkel történő vizsgálatai eredményeinek értelmezése sok ismeretet igényel. Ezeket a fontos információkat szükséges elmondani statisztika órán a leendő szakemberek számára, különben nem érzékelik a tárgy szakmai lehetőségeit és hasznosságát.

A Li-Co vonatkozásában egymás függvényében elkészült a diagram, és a regressziós egyenes (lásd „ regr Li-Co _0,0_0,2m”).

3.2.3. A hallgatói vélemények értékelése, 2004. és 2005. őszi félévek

A korábban már bemutatott kérdőíveket (II. melléklet) 2004/2005. tanévben 38, míg 2005/2006.-ban 51 hallgató töltötte ki. A módszertani kutatásom keretében mind a két évfolyam esetében kiszámításra kerültek az alapstatisztikák, amelyeket a 3.2.3. fejezet, I. táblázat mutat be. Látható a mintaszám adataiból, hogy nem minden hallgató válaszolt az összes kérdésre. Az évfolyamonkénti átlagok és azok különbségei alapján megállapítható, hogy az évfolyamonkénti vélemények általában nem térnek el jelentősen egymástól. Természetesen, az összes többitől külön kell kezelni az első kérdésre adott válaszok adatait. Egyébként itt sincs nagy eltérés az évfolyamok között, mindössze 1,1%. A többi kérdés évfolyamonkénti megítélésében, a legnagyobb különbségek az első öt kérdés esetében van, amelyek az órák tematikájára és mennyiségére vonatkoztak. E kérdéscsoporton túlmenően a legnagyobb eltérés – 0,3-as értékkel – a 15. kérdésnél jelentkezik, ami a számítástechnikai eszközök kizárólagos használatáról alkotott véleményeket tartalmazza. Az „átlagos” válaszok közötti különbségeket a táblázat utolsó sorában külön is kiemeltem. A relatív gyakoriságok tekintetében még kisebb mértékű eltérések figyelhetők meg. Különbségek csak a 12.–15. kérdések között vannak, aminek mértéke mindegyik esetben 0,1.

A kis különbségek miatt érdemes a két évfolyam véleményét a továbbiakban egységesen kezelni. A 89 hallgató válaszainak statisztikai adatait a 3.2.2. fejezet, II. táblázat tartalmazza. Ezek közül kiemelném az átlagot, amit a későbbiekben gyakran nevezek „átlagos válasznak”. A medián és a percentilisek, a válaszok eloszlására világítanak rá. A válaszokban levő egyes kategóriák százalékos arányait is megvizsgáltam (3.2.3. fejezet, III. táblázat) és hangsúlyt helyeztem arra, hogy ezt az első felmérések (2001, 2002) eredményeivel (2001 3.2.3. fejezet, IV. táblázat) összehasonlítsam.

Az órákról történő hiányzások mértéke (1. kérdés) 13% körül volt, ami mindenképpen kedvezőnek tekinthető. A második kérdésre – mely szerint az oktató által ismertetett tematika teljesíthető – mindössze csak két hallgató válaszolta, hogy „nem” és egyetlen egy sem, hogy „alig”, „fele részben” a hallgatók 20%-a míg „nagy részt” vagy „teljesen” teljesíthetőnek 57%-a értékelte. Ez egyértelmű többséget jelent, de nem akkorát, mint a 2001, 2002 években. Ugyanakkor a harmadik kérdésre adott válaszok szerint majdnem 100% azoknak az aránya, akik tartalmilag „nagy részt” vagy „teljesen” elegendőnek tartják a meghirdetett tematikát. Az ok, ami a válaszok mögött meghúzódik, egyértelműen valószínűsíthető, hiszen 2004-ben az óraszám megváltozott, csökkent egy órával.

Ezzel párhuzamosan a 2001. és a 2002. évekhez képest a tantárgyi tematika is karcsúsodott. Így például el kellett hagyni néhány elméleti vonatkozást és néhány tétel bizonyítását. Fontos téma, de nem volt idő a többdimenziós normális eloszlás témakörére. Hasonlóképpen a regresszió esetében csak említés szintjén került szóba a nemlineáris regresszió. A negyedik kérdésre adott válaszokból kiderül, hogy hallgatóság véleménye szerint a tananyag csökkentése nem volt teljesen arányos az órászámmal. Ezt a megállapítást az támasztja alá, hogy arra a kérdésre, mennyire ítéli meg optimálisnak az órászámot a meghirdetett tematikához, megnőtt a „lehetne kicsit több” órát választók aránya. Ez kifejeződik a négy évre vonatkozó átlagokban is, ami 2004. és 2005. évekre vonatkozóan 0,3 értékkel csökkent. (Fontos említeni, hogy az értékelésben a „több óra kellene” kapta az 1-es, míg a „sokkal kevesebb lehetne” az 5-ös osztályzatot.) Az órászámok tekintetében a hallgatók 7%-a gondolta úgy, hogy a heti 2+1 óránál kevesebb is elég lenne. 60% nem javasolt változást, míg 33% növelné az órászámot. A teljes hallgatói létszám 25%-a négy vagy öt, 7% hat és 3% még ennél is több órában tanulna statisztikát. Ezeket a 2001., 2002. évi adatokhoz (lásd 3.2. fejezetet) képest magasabb arányokat, a tények ismeretében természetesnek tarthatjuk. Az órászám növelése csak az egyik lehetőség lenne a változtatásokra. Fontos áttekinteni – különösen a valós feladatok bevonása mellett – hogyan vélekedik a hallgatóság a gyakorlatok heti órászámáról. A válaszokból kiderült, hogy amíg 2001., 2002-ben a hallgatóság 28%-a, addig 2004., 2005-ben 34%-a szerette volna emelni a gyakorlatok órászámát. Egy házi dolgozat elkészítését, egyéni feladatmegoldást (6. kérdés) 40% tartotta szükségesnek és részben szükségesnek 31%. Ez az utóbbi két adat első olvasatra meglepő, mert 2001., 2002-ben ugyanez az arány az említett két kategóriára 90% volt. Sőt, amíg 2001., 2002-ben egyetlen hallgató sem akadt, aki „egyáltalán nem” tartotta ezt szükségesnek, addig ez az arány 2004., 2005-ben 5%. Azoknak az aránya is 7%-al változott, akik csak „részben” tartották ezt szükségesnek. Más szavakkal, a valós életből vett, a hallgatóknak órán bemutatott, és az ő részvételükkel készített feladatok, háttérbe szorították az önálló, teljesen saját munkát, ami tartalmazza a szakmai probléma felkutatását, az adat gyűjtését, a statisztikai eszköz megtalálását és a kapott eredmény interpretálását. A 7. kérdés azt tudakolta, hogy megfelelő minőségű és mennyiségű feladat szerepelt-e, ami segítette a tananyag megértését és elmélyítését. A hallgatók 65%-a felelte azt, hogy „nagy részt” illetve „teljesen”. Az itt levő válaszok osztályzatainak arányai szinte teljesen ugyanazok, mint 2001, 2002-ben voltak. A témakörök egymásra épülését (8. kérdés) „nagy részt” 55% és „teljesen” 35% vélte megvalósultnak. Ez 2001., 2002-ben éppen fordított volt. A helyzet tehát

kis mértékben, de romlott, amit az átlag 0,2 értékkel való csökkenése is jelez. A 9. kérdésre, miszerint az óra hatékonyan szolgálta a hallgatók szakmai fejlődését, majdnem 80%, választotta a „nagy részt” és a „teljesen” kategóriákat. Az átlagos válasz megegyezik a 2001, 2002 években adottakkal és az egyes választott kategóriák között is csak néhány százalékos eltérés van. A 10. kérdésre adott válaszok alapján elmondható, hogy 41%-a gondolja úgy, hogy a statisztika jelentősen fogja segíteni szakmai munkáját. Ugyanakkor 23%-23% gondolja, hogy ezek az ismeretek „fele részben” illetve „alig” lesznek segítségére az egyetem befejezése után. 2004., 2005-re jelentősen megváltozott a válaszok belső eloszlása a 2001., 2002 évekhez képest, mert az akkor szinte 50%-ban „fele részben” kategóriát adó válaszok egy része pozitív, míg más része a negatív osztályzatok felé mozdult el. Nagyjából hasonló jelenséget figyelhetjük meg a 11. kérdés esetében is, ami a statisztikai ismeretek jelentőségét firtatta szakmai, gazdasági döntéshozatalban. A 12. kérdésben azt vizsgáltam, mennyire kapcsolódott az óra egyéb, az egyetemen hallgatott tárgyakhoz. A válaszokból kiszámított átlag a „fele részben” és az „alig” kategóriáknak felel meg. Hasonlóan az előző kérdésekben tapasztaltakhoz, az átlag a két felmérésben gyakorlatilag megegyezik, de az osztályzatok belső átrendeződése nagymértékű. Érdekes, hogy míg az első felmérésekben az „egyáltalán nem” kategóriát egy hallgató választotta, addig 2004., 2005-ben már 9%. Az „alig” válasz pedig, a 2001., 2002. években 44% volt, ez 16%-al csökkent 2004., 2005-re. Összességében megállapítható hogy, a 6.-12 kérdésre adott válaszok nem tükrözték vissza azt a szakmai példákon keresztül nyújtott többletet, amit a 2001, 2002-ben járt évfolyamok nem kaptak meg. Különbségként csak annyi érezhető, hogy bizonyos kérdések vonatkozásában a számítástechnika és a szakmai feladatok „széthúzták” a válaszokat, egyenletesebbé váltak a kategóriák belső arányai, az önálló munka iránti igény, pedig csökkent.

A 13. kérdés már a számítástechnika alkalmazására kérdez rá, miszerint mennyivel tartaná hatékonyabbnak tanulását és megalapozottabbnak tudását, ha a tárgyat számítógép alkalmazásával tanulná. Az átlagos válasz mintegy 0,2 értékű javulást mutat az első felmérésekhez képest és a „nagy részt” kategóriának (3.2.3. fejezet, III. táblázat). A válaszokban levő kategóriák százalékos összetétele, mind önmagukban, mind az előző felméréssel összehasonlítva, a számítógép használatát előnyösebbnek ítéli meg. A 14. kérdés választásra kéri a hallgatót, az oktatási formát illetően, miszerint mely oktatási formát tartaná a legjobbnak a statisztikához: ahogyan eddig volt (tehát előadás, a gyakorlaton kézi számolás, ahol lehet kisebb mintaszámú szakmai példa stb.), hagyományos előadás és számítógépen gyakorlat, vagy hagyományos előadás és

némely fejezet esetén számítógépes gyakorlat, illetve csak számítógéppel. Az első felméréshez képest az átlag nem változott. A vélemények arányai a legnagyobb mértékben a „hagyományos előadás és számítógépen gyakorlat” és a „hagyományos előadás, néhány fejezet esetén, számítógépen gyakorlat” kategóriák között mintegy 10%-al az előbbi felé tolódtak el és kevéssel csökkent azoknak az aránya, akik az „ahogyan eddig volt” kategóriát választották. A 15. kérdés a számítástechnika kizárólagos szerepét firtatta. Az átlag ebben az esetben 2,6-nek adódott, ami az előző 2001. és 2002. évi felmérésekhez képest 0,4 értékű javulást mutat (hasonlítsd össze a 3.2.fejezet, II. és a 3.2.3. fejezet, II. táblázatokat) a számítástechnika oktatásba történő bevonásának javára. Ez az érték jelentős, amit természetesen az adott osztályzatok számbeli arányai is szemléletesen fejeznek ki. A legnagyobb változás abban jelent meg, hogy amíg az „egyáltalán nem segítené” válasz 37%-ot képviselt az első felmérésben, addig 2004., 2005-ben csak 20%-t. A leginkább figyelemre méltónak tartom, hogy 2004., 2005-re, amikor a számítástechnika már egy adott szinten bevonult az oktatásba, továbbra is csak néhányan választották a lehetőséget, miszerint a számítástechnika teljes mértékben segítené a fogalmak megértését, az eredmények megfelelő értékelését.

Összességében megállapíthatjuk: Kedvező fogadtatást kapott a számítástechnika bevezetése, de használatának kizárólagossága már nem.

Arra a kérdésre, hogy mennyivel tartaná hatékonyabbnak tanulását, megalapozottabbnak tudását, ha a statisztika tárgyat szakmai példák alkalmazásán keresztül tanítaná az előadó, a kapott válaszokból kiderült, hogy a szakmai példák bevezetését a hallgatók fontosnak tartják. Ezen véleményüket az után fogalmazták meg, hogy a számítógép segítségével megoldott feladatok szakmai jellegűek voltak. Mind a két típusú oktatási formában, a válaszadók mintegy 80%-a a „nagy részt” vagy a „teljesen” kategóriát választotta, de 2004., 2005-re csökkent a szakmai példák alkalmazását kevésbé támogatók aránya. A 17. kérdésre adott válaszok átlagai és arányai érdekesen alakultak. Szakmai példákat tartalmazó írásos jegyzet vagy könyv segítségével a tanulási folyamatban 10%-al kevesebben támogatták „teljesen” és többen gondolták azt is, hogy „alig” vagy csak „fele részben” segít, mint 2001., 2002-ben. Ennek következménye az átlagos válasz 0,2 egységgel történő csökkenése. Az utolsó két kérdésre adott válaszok ellentmondásosak a 2001., 2002. évekkel összehasonlítva, annak ellenére, hogy az oktatásban a szakmai példák szerepére kérdeztek rá. A bevezetés fontosságát a túlnyomó többség évfolyamoktól függetlenül támogatja. Összehasonlítva az első felmérés eredményeivel, azt érzékelhetjük, hogy csökkent az

írási anyag szükségességének igénye, de fontosabbá vált az ilyen szemléletű feladatok órai szerepeltetése és tárgyalása.

Amint már jeleztem, az egyes kérdések alapján nem voltak nagy különbségek az egyes kérdésekre adott válaszokban a 2004., 2005. évben járt évfolyamok között. Sokváltozós adatelemző módszerekkel azonban fontosnak tartottam meghatározni hány csoportot lehet elkülöníteni ezekre az évekre. A 16 kérdésre adott válaszok alapján hierarchikus klaszterezést, majd az ellenőrzésre diszkriminancia analízist alkalmaztam a csoportok minél jobb meghatározására. Mivel néhányan nem válaszoltak minden kérdésre, a csoportosítás 80 hallgatóra volt elvégezhető. Megvizsgáltam, milyen arányban vannak jelen az egyes évfolyamok a meghatározott három csoportban (lásd 3.2.3. fejezet, V. táblázat). A II. csoport évfolyamonkénti %-os arányai megegyeznek. Ennek következménye, hogy az elsőben az egyik évfolyam nagyobb részesedése, a harmadikban kisebb aránnyal vesz részt. Ezek az aránybeli különbségek 8%-ot jelentenek.

Az eddigi eredmények tükrében alapvetővé vált, hogy meghatározzam mely kérdések milyen mértékben vettek részt a csoportok kialakításában. Ennek megállapítására kiszámítottam a Wilks' λ értékeket (3.2.3. fejezet, VI. táblázat). Ezek alapján megállapítható, a csoportok kialakulásában legjobban a 13., 16., 17., 15., 11., és 6. számú kérdések szóltak bele. Ezek mindegyike valamilyen formában a számológép használatára és a szakmai példákra kérdezett rá. A csoportok kialakulását legkevésbé határozták meg a 7. 3. 5. 14. kérdések. Ezek az óraszámhoz, tematikához, az oktatási formához kapcsolódnak. Ugyanakkor a két „szélső” csoport között foglalnak helyet az ismeretanyag hasznosságát, óraszámot tudakoló kérdések.

Ha a 2004., 2005-ös és a 2001., 2002-es évek felméréseinek Wilk's λ értékeit hasonlítjuk össze, jelentős különbséget láthatunk. Egyrészt jelentősen különbözik a sorrend a Wilk's λ értékek szerint, másrészt, amíg 2001., 2002-ben a tematikusan összefüggő kérdések többnyire egymás mellett helyezkednek el (3.1. fejezet, IV. táblázat), addig a 2004., 2005-ös években ez már nem áll fenn. Véleményem szerint a 2004., 2005-ben bevezetett metodikai változások siker telenségének számszerű megfogalmazását láthatjuk a kérdésenkénti feldolgozás és a Wilk's λ értékek eredményeinél. A különböző metodikájú oktatást követő felmérések nyomán készített statisztikák esetén azt láthattuk, hogy az egyes kérdések átlagos megítélése többnyire nem változott, de a hallgatóság által adott „jegyek” belső arányai igen. A Wilk's λ ezekre a változásokra mutat rá, és nyilvánvalóvá teszi, hogy a statisztika tárgy megítélése jelentősen megváltozott az évfolyamokon belül. Talán nem meglepő az állítást, hogy

hogy 2004., 2005-re polarizálódtak a vélemények. Ennek egyébként a legszebb példáját adják a 16. és 17. kérdések, amelyek a szakmai példák alkalmazásáról szólnak, és 2004., 2005-ben szinte leginkább befolyásolták a hallgatói csoportok kialakulását, holott ha másban nem, de ebben a kérdésben várható lenne a hallgatóság egységes álláspontja.

A 2001., 2002. és a 2004., 2005. években a különböző metodikájú oktatást követően végzett felmérések nyomán tehető néhány megállapítás. A szakmai példákkal folytatott, számítástechnikával támogatott oktatás ebben a formában nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket. Nem történt jelentős változás a hallgatók részéről a statisztikának a földtanban betöltött szerepének megítélését illetően. Nem voltak elég hatékonyak a gyakorlatok. Ennek több oka lehet. Hosszú és körütekintő folyamat során, sok saját munka, tudományos kutatás előzte meg a szakmai feladatok kiválasztását. Kérdésként merül fel, hogy azok megfelelőek voltak-e. Magam részéről a témákat érdekesnek, követhetőnek tartom. Azonban mindegyik a geológiának más-más szűkebb szakterületébe engedett betekintést. A hallgatónak mindegyik esetében meg kellett értenie a szakmai problémát és kellett rendelkeznie a szükséges szakmai ismeretanyaggal. Látva a felmérés eredményeit úgy gondolom, egy olyan feladatot kell választani, amely bár az életből hozott, tudományos igényű és érdekes feladat, de rajta keresztül szinte minden tanult statisztikai módszer alkalmazható legyen. Ekkor ugyanis csak egyszer kell a hallgatónak megértenie a földtani, környezetföldtani körülményeket és nem szükséges azokhoz folytonosan alkalmazkodnia. A másik problémának azt látom, hogy az egy hallgató által elvégezhető gyakorlat mennyisége kevés volt. Ennek a megállapításnak két vetülete is van. Az egyik, hogy több hallgató ült egy számítógép mellett. Ezzel az ideálishoz képest jelentősen kisebb mértékű volt az általa egyedül elvégzett feladatok mennyisége és aktív részvétele az órán. Hiszen a gyakorlat idejének legalább felében csak azt figyelte, amit az évfolyamtársa tett, nem vett részt konstruktívan a feladat megoldásában. Másrészt, az óraszámot célszerű jelentősen növelni.

Kérdés sorszáma	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
2004. év																	
Mintaszám	38	38	38	38	38	38	38	38	38	36	35	38	38	38	38	38	38
Átlag		4,1	4,7	2,2	3,9	4,1	3,7	4,2	4,1	3,3	3,2	2,7	3,8	2,6	2,4	4,2	4,1
Maximum	80	5	5	3	9	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5
Minimum	0	3	4	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2
Medián	0	4	5	2	3	4	4	4	4	3	3	3	4	3	2	4	4
Szórás		0,7	0,5	0,7	1,4	1,1	0,8	0,7	0,8	1,0	1,1	0,9	0,9	0,6	1,1	0,7	0,9
Relatív szórás	1,5	0,2	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2
2005. év																	
Mintaszám	51	51	50	51	51	51	51	50	51	51	51	50	48	48	48	47	47
Átlag	13,7	3,8	4,6	2,7	3,5	3,8	3,7	4,2	4,0	3,4	3,1	2,9	4,0	2,6	2,7	4,2	4,3
Maximum	80	5	5	5	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Minimum	0	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2	2
Medián	0	4	5	3	3	4	4	4	4	4	3	3	4	2,5	3	4	5
Szórás	17,7	0,8	0,6	0,9	1,2	1,3	0,9	0,8	1,0	1,0	1,1	1,0	1,1	0,7	1,3	0,8	0,9
Relatív szórás	1,3	0,2	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,5	0,2	0,2
„Átlagos” válaszok eltérései	-1,1	0,3	0,1	-0,4	0,5	0,3	0,0	-0,1	0,0	-0,1	0,1	-0,2	-0,2	0,0	-0,3	0,0	-0,2

3.2.3. fejezet, I. táblázat. Két évfolyam válaszainak alapstatisztikái, 2004., 2005.

Kérdés sorszáma	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Mintaszám	89	89	88	89	89	89	89	88	89	87	86	88	86	86	86	85	85
Átlag	13,3	3,9	4,6	2,5	3,7	3,9	3,7	4,2	4,0	3,3	3,1	2,8	3,9	2,6	2,6	4,2	4,2
Medián	0	4	5	3	3	4	4	4	4	4	3	3	4	3	3	4	4
percentilis-0,1	0	3	4	1,8	3	2	3	4	3	2	2	2	3	2	1	3	3
percentilis-0,2	0	3	4	2	3	3	3	4	3	2	2	2	3	2	1	4	3,8
percentilis-0,3	0	4	4	2	3	4	3	4	4	3	2	2	4	2	2	4	4
percentilis-0,4	0	4	5	2	3	4	4	4	4	3	3	3	4	2	2	4	4
percentilis-0,5	0	4	5	3	3	4	4	4	4	4	3	3	4	3	3	4	4
percentilis-0,6	20	4	5	3	3	4	4	4	4	4	3	3	4	3	3	4	5
percentilis-0,7	20	4	5	3	4	5	4	5	5	4	4	3	4,5	3	3	5	5
percentilis-0,8	20	4,4	5	3	5	5	4	5	5	4	4	4	5	3	4	5	5
percentilis-0,9	24	5	5	3	6	5	5	5	5	4,4	5	4	5	3	4	5	5
Maximum	80	5	5	5	9	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Minimum	0	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2	2

III.2.3. fejezet, II. táblázat

Kérdés	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Kategória	1	0,0	0,0	10,1	5,6	1,1	1,1	2,2	2,3	5,8	9,1	3,5	20,0	0,0	0,0
	2	2,2	0,0	38,2	10,1	7,9	2,3	2,2	23,0	26,7	28,4	3,5	40,7	28,2	3,5
	3	20,2	3,4	47,2	12,4	27,0	5,7	19,1	23,0	29,1	35,2	22,1	51,2	23,5	11,1
	4	57,3	28,4	1,1	31,5	49,4	55,7	42,7	41,4	25,6	25,0	40,7	3,5	24,7	47,1
	5	20,2	68,2	3,4	40,4	14,6	35,2	33,7	10,3	12,8	2,3	30,2	1,2	3,5	37,6

3.2.3. fejezet, III. táblázat. A kérdésekre adott válaszok százalékos arányai, 2004, 2005 években

Kérdés	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Kategória	1	0,00	3,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,61	1,59	1,59	6,35	37,10	1,59	0,00
	2	4,76	0,00	25,40	3,17	4,76	1,59	6,35	12,70	17,74	44,44	11,11	31,75	19,35	6,35
	3	7,94	1,59	61,90	3,17	23,81	6,35	17,46	49,21	37,10	26,98	19,05	60,32	32,26	9,52
	4	58,73	22,22	9,52	41,27	55,56	41,27	44,44	31,75	37,10	25,40	44,44	1,59	9,68	44,44
	5	28,57	76,19	0,00	52,38	15,87	50,79	31,75	6,35	6,45	1,59	23,81	0,00	1,61	38,10

3.2.3. fejezet, IV. táblázat. A kérdésekre adott válaszok százalékos arányai, 2001, 2002 években

Csoport	2004/2005 tanév		2005/2006 tanév	
	(Fő)	(%)	(Fő)	(%)
I.	12	34,29	12	26,67
II.	11	31,43	14	31,11
III.	12	34,29	19	42,22

3.2.3. fejezet, V. táblázat. 2004, 2005-ben választ adók csoportjai

Wilks' lambda érték	Kérdés	Kérdés sor-száma
0,593	Mennyivel tartaná hatékonyabbnak tanulását, megalapozottabbnak tudását, ha a tárgyat számítógép alkalmazásával tanulná?	13
0,629	Mennyivel tartaná hatékonyabbnak tanulását a tárgyat szakmai példák alkalmazásán keresztül tanítanak?	16
0,702	Mennyivel tartaná jobbnak tudását, ha a statisztika tárgyat szakmai példákat tartalmazó tankönyv segítené?	17
0,714	Véleménye arról, hogy ha csak számítógép használatával történne az oktatása?	15
0,860	A megszerzett statisztikai ismeretek hatékonyan segítik ill. befolyásolják leendő szakmai döntéseit?	11
0,865	Szükségnek tartja-e - valós adatok feldolgozásával - az egyéni feladatmegoldást, házi dolgozat bevezetését az oktatásba?	6
0,867	Mennyiben kapcsolódott a tárgy az eddig hallgatott egyéb tárgyakhoz?	12
0,876	Az óra hatékonyan szolgálta a hallgatók szakmai fejlődését?	9
0,887	Az óraszámot a tematikához optimálisnak ítéli meg?	4
0,911	Az órák megfelelően építkeztek a korábbi órák ismereteire?	8
0,919	Mennyire fogja használni a tanult anyagot leendő munkájában?	10
0,931	A tantárgyi tematikát teljesíthetőnek tartja?	2
0,932	Mely oktatási formát tartaná a legjobbnak a statisztikához?	14
0,939	Ha az óraszám nem megfelelő, heti hány órát javasol?	5
0,965	Az ismertetett tematikát tartalmilag elegendőnek tartja?	3
0,999	A gyakorlaton megfelelő mennyiségű és minőségű feladat szerepelt amely segített a tananyag elmélyítésében?	7

3.2.3. fejezet, VI. táblázat. Wilks' lambda értékek, 2004. és 2005. évekre

3.3. Az oktatás módszertanának nagy mértékű változtatása és a hallgatói vélemények értékelése 2006.

A statisztika oktatás módszertanának alakításában az ELTE, Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszéke 2006 januárjától egy 20 darab személyi számítógépből álló labort hozott létre. A végrehajtott technikai fejlesztés nagymértékű változtatásokat tett lehetővé. Ezzel megnyílt a lehetőség, két csoportban, mintegy 40 hallgató részére a számítástechnikai eszközzel támogatott statisztika gyakorlat megtartására. A II. éves geológusok 3. szemeszterükben fejezik be a matematikai statisztika tanulását, amit a 4. szemeszterben a geostatisztika tárgy követ, heti három óra gyakorlattal. Ennek a tárgynak az első része jelentős részben a matematikai statisztikára épít, több órában szakmai példákon előadásokon ismétli azt. A tárgy oktatóival végzett konzultációim során bemutattam módszertani koncepciómat, az addigi eredményeket és sikerült meggyőzőnöm őket arról, hogy a tárgy oktatásában előnyösnek ígérkezik a szakmai példák feldolgozása gyakorlaton, számítógépes programcsomaggal. A megvalósulás érdekében hat, három órás gyakorlat részletesen kidolgozott anyagát és menetét készítettem el. Az oktatás ez alapján történt. Úgy véltem ez az óraszám, jelentős bővülés az eddigi lehetőségeimhez képest, különösen akkor, ha figyelembe vesszük: minden hallgató egyénenként, az órák teljes ideje alatt számítógépen tud dolgozni.

A jó technikai feltételek lehetővé tették, hogy a számítógéppel támogatott gyakorlati feladatmegoldás az elméleti órákon elsajátított anyag nemcsak a gyakorlatban történő kipróbálását célozza meg, hanem annak elsajátítását is. A gyakorlat folyamán a feladatokban számos kérdést úgy próbáltam megfogalmazni, hogy a statisztikai elemzések során kapott eredményeket építsük be a földtani szakmai feleletbe. Ezt a megközelítést alapvető dolognak tartom, hiszen itt a statisztika, mint alkalmazott tudomány jelenik meg. A labor órák anyaga nem tartalmazta az adatgyűjtést és adatbevitelt. Az adatelemzésre és értelmezésre koncentrált valamint bizonyos értelemben bemutatta a szimuláció vagy modellezés, mint probléma megoldó eszköz alkalmazási lehetőségeit is.

Reméltem, hogy az órák alatt, a hallgatók képet kapnak a fejlett technika által nyújtott adatfeldolgozás és a vizualizáció előnyeiről, alkalmazási lehetőségeiről jövőbeni munkájukban.

3.3.1. Példák az új oktatási szemlélet tükrében

Az elméleti órákon elsajátított anyag következményeként egyik legfontosabb célnak jelöltem meg a minta és az ebből számított statisztikák fogalmának szemléletes bemutatását. Ugyanis az ipari gyakorlatban a „minta” fogalma nem teljes körűen és nem egyértelműen definiált. Sok esetben a matematikai értelemben vett „minta” egy elemét tekintik mintának, de ugyanígy „minta” névvel illetik az azonos helyen és időben, azonos paraméterre végzett elemzések átlagát, vagy például a földtanban valamely X,Y koordinátával azonosítható helyen a minőségi paraméterek vastagsággal súlyozott átlagát is (Füst A., 1997, R. Webster és M. A. Oliver, 1990).

Felsőoktatási tapasztalataim is azt bizonyítják, hogy a minta többféle értelmezése a nem matematikus, így a geológus hallgatóknak is nehézséget jelent. Ennek az az oka, hogy amikor a hallgató egy szakmai, például geokémiai feladatot lát, a mintának egy realizációját kapja és ezt azonosnak tekinti a mintával. A mintából számított alapstatisztikaként (átlagot, szórást és egyéb mutatókat) egy - egy számértéket kap, és nem érti azon állítást, hogy ez egy valószínűségi változó, ugyanis a minta realizációi mintáról mintára változnak, így a belőlük számított statisztikák is változni fognak.

Előzetes vizsgálataim alapján (Székely, 2006) úgy véltem a statisztika oktatásának szempontjából a Metallochémia telep adathalmazát használható fel a leghatékonyabban. Szinte megoldhatatlan anyagi nehézségekbe ütközik olyan nagy elemszámú minta előállítás, ami be tudja tölteni a vizsgált sokaság szerepét. Az oktatás szempontjából rendkívül előnyös, ha egy valós környezetszennyezés vagy egyéb, a gyakorlati életből származó problémához kapcsolódóan, a mért kémiai komponenseinek adathalmazát fel tudjuk használni a minta fogalmának tisztázására, eloszlásának meghatározására valamint különböző paraméterek becslésére. A földtan, környezetföldtan szempontjairól több geológussal konzultáltam mind az oktatói, mind az ipari szférából. Az ő véleményük szerint is szakmailag izgalmasnak tartották ezt az adathalmazt, arról nem is szólva, hogy szerintük, nem csak mint szennyezés érdekes, hanem a kijött eredményeket nagyon jól lehet vizsgálni környezeti ásványtan, geokémia és hidrogeológiai szempontból is. A valószínűségi változók kiválasztásáról, mivel 25 darab állt rendelkezésre, előzetes vizsgálataim alapján döntöttem. Törekedtem arra, hogy legyen bennük normális és nem normális eloszlású, valamint tegyen eleget a szennyező és nem szennyező anyag kritériumoknak is. Így került sor a P, As, Ca változók kiválasztására.

Az újonnan kialakított oktatási szemléletemet tükrözendő, az alábbiakban mutatok be egy példát, a minta fogalmára és néhány statisztikai tulajdonságára, amit természetesen a gyakorlat anyagába is beépítettem.

Tekintsük a Metallochémia telep $3,5 \text{ km}^2$ -en területéről a felső 0–20 cm-es szint mért értékeit, ahol a P, As, Ca vonatkozásában több mint 1000 megfigyelés történt. A mértékegység mindegyik esetben mg/kg.

A kémiai elemekre vonatkozó mérési eredményeket rendre statisztikai sokaság elemeinek tekinthetjük. Jelen esetben az elemszámot, mely 1027 és 1111 volt, elég nagynak tartottam ahhoz, hogy azt elméletileg végtelen elemű sokaságként tekintsük és felhasználjuk a tárgyalt statisztikai fogalmak szemléltetésére, anélkül, hogy a matematikai elmélet követelményei jelentősen sérülnének. Azonban mivel a valóságban véges sokasággal dolgozhattunk, meghatározhatóvá váltak a valószínűségi változók várható értékei és szórásai. Ezt a 3.3.1. fejezet, I. táblázat mutatja be.

	Elemszám (db)	Átlag (mg/kg)	Szórás(mg/kg)
Ca	1027	71430,15	25289,42
As	1111	17,16	23,32
P	1027	1653,00	1014,10

3.3.1. fejezet, I. táblázat. A sokaság paraméterei

A következőkben azt mutattuk be, hogy milyen módon tudjuk vizsgálni fenti – változónként több mint 1000 értéket – amennyiben közülük csak 100 adatot figyelhetünk meg.

A Ca, As és P változók sokaságaiból annak bemutatására, hogy a minta elemei valószínűségi változók, vegyünk a sokaságból véletlenszerűen 100 elemű mintát, 1000-szer. A 3.3.1. fejezet, II. táblázat Ca-ra vonatkozó minták realizációiból mutat be részleteket. Jól követhető, hogy a 100 elemű minták realizációi mintáról mintára változnak.

A 3.3.1. fejezet, II. táblázat mintáiból alapstatisztikák számíthatók, amelyek közül az egyik legfontosabbat, a mintaátlagot tartalmazza a 3.3.1. fejezet, III. táblázat. A két további valószínűségi változó is látható, az As- és P. A táblázat adatai szemléletesen mutatják azt az állítást, hogy a mintaátlag is valószínűségi változó, mintáról mintára változik és értékei szóródnak a sokasági átlag (3.3.1. fejezet, I. táblázat) körül.

Mintaátlag	As	Ca	P
1. minta	20,94	66420,70	1741,25
2. minta	15,77	69815,47	1775,85
.			
.			
.			
1000. minta	14,36	74512,84	1542,36

3.3.1. fejezet, III. táblázat. A mintaátlag realizációi

Az összes lehetséges mintaátlag átlaga már igen jól közelíti a sokasági átlagot, azaz a várható értéket. Be lehet mutatni, hogy a mintaátlag jól közelíti a sokasági átlagot és hibája csökken, ha a minta elemszáma elég nagy. A 3.3.1. fejezet, IV. táblázatban levő eredménnyel lehetett a hallgatókat a fenti állítással meggyőzni. A számításokat a következőképpen valósítottam meg. A sokaságból 100, 300, 500 elemű mintát vettem 1000-szer. Kiszámítottam a mintaátlagok átlagát és rendre az átlagok hibáit.

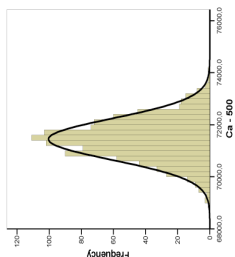
Valószínűségi változó-mintarealizáció	Mintavétele-zések száma	Átlagok átlaga	Átlagok szórása (standard hiba)
Ca-100	1000	71498,90	74,72
Ca-300	1000	71399,45	39,01
Ca-500	1000	71444,89	25,12
As-100	1000	17,26	0,07
As-300	1000	17,12	0,04
As-500	1000	17,16	0,03
P-100	1000	1658,98	2,98
P-300	1000	1652,99	1,60
P-500	1000	1652,09	1,00

3.3.1. fejezet, IV. táblázat. A mintaátlagok átlagai és standard hibái

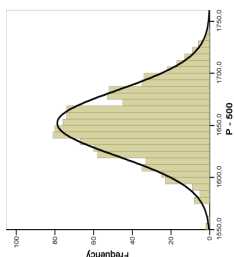
Az órákon további fontos cél a centrális határeloszlás tétel szemléletes bemutatása. Ennek érdekében vizsgáljuk meg 3.3.1. fejezet, IV. táblázatban szereplő Ca, As, és P változók mintaátlagainak tapasztalati eloszlását. A kalciumnak, foszfornak és arzénnek, mint sokaságnak az eloszlásait mutatják be a 3.3.1.

fejezet 1. a), 2. a), 3. a) ábrák hisztogramjai. Ezekből a sokaságokból vett 100, 300 és 500 elemű minták átlagainak tapasztalati sűrűségfüggvényeit jelenítik meg rendre a 3.3.1. fejezet 1. b), 2. b), 3. b), 1. c); 2. c), 3. c); 1. d), 2. d), 3. d) ábrák. Mind a három esetben látható, hogy a minta átlag a minta elemszám növekedésével – függetlenül attól, hogy az alapsokaság milyen eloszlású volt – közel normális eloszlást követ.

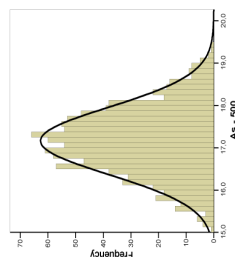
További cél a fenti szemléletnek megfelelően a konfidencia intervallumok konstrukciója, hipotézis vizsgálat, regresszió számítás és egy egyszerű idősor elemzés. Fontosnak tartottam minden témakör esetében a grafikus megjelenítést, ami úgy vélem nagymértékben segíti a hallgatót a statisztikai fogalmak mélyebb megértésében.



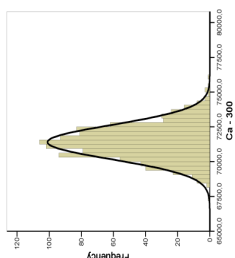
1. d)



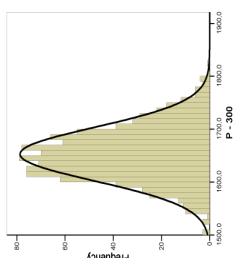
2. d)



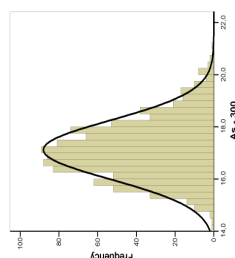
3. d)



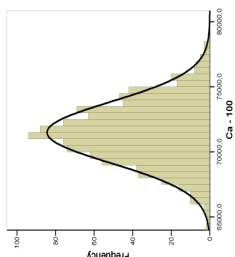
1. c)



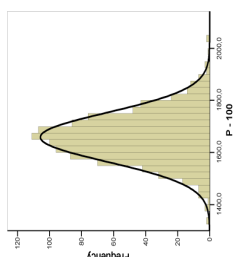
2. c)



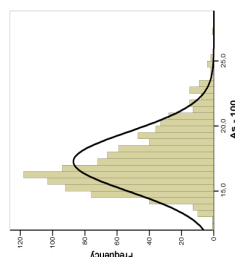
3. c)



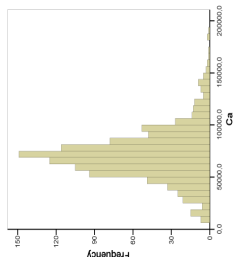
1. b)



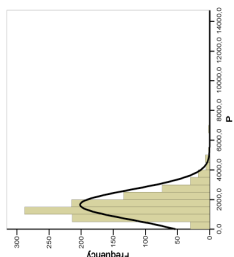
2. b)



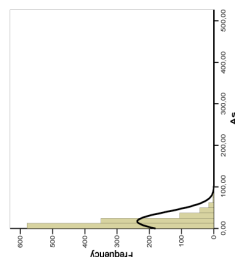
3. b)



3.3.1. fejezet, 1. a)



3.3.1. fejezet, 2. a)



3.3.1. fejezet, 3. a)

3.3.2. Gyakorlatok az új metodika szerint

1. gyakorlat

Az első órán minden hallgató ugyanazt a fájlt kapta meg, egy munkalapon, a P, As, Ca változók mintarealizációival. Az előzőekben elmondottak szerint ezeket sokaságnak tekintettük (példaként lásd a CD mellékletben, Zsuppán Katalin.xls file, „00-02” munkalapját. A file-t egy, az órán résztvevő hallgató készítette). A hallgatóság a 3.2.2. fejezet szerint részletes tájékoztatást kapott a földtani, környezetföldtani, mintavételezési, az alkalmazott kémiai analitikai körülményekről.

Ahhoz, hogy a vizsgált változók eloszlásáról sejtésünk legyen, elkészítettük a minták alapján ezek hisztogramjait. Először az EXCEL automatikus hisztogram készítését választottuk (lásd, Zsuppán Katalin.xls file, „As_sokaság_hisztogram”, „Ca_sokaság_hisztogram”, „P_sokaság_hisztogram” munkalapjait). Kiderült, hogy a szennyező anyagok, amelyek nem természetes eredetűek, log-normális, míg a hosszú időn át, sok tényező egymásra hatásaként kialakult talajszintek Ca tartalma normális eloszlás jeleit mutatja. A sokaságból, véletlenszerűen minden hallgató kiválasztott öt mintát. Ezt a tényt a hallgató felé annak érdekében, hogy a gyakorlat a valósághoz közelítsen, úgy kommunikáltam, hogy ez a folyamat öt valós földtani kutatás eredményének felel meg. Ezek alapján, a továbbiakban minden résztvevő sajátjának tekinthette a feldolgozandó mintát. A oktatási módszernek ezt az elemét, nagyon fontosnak tartom, mert ezzel a gyakorlat résztvevője átéli a kutatási problémát, a folyamat minden mozzanatát, ilyen módon motivált és aktív résztvevője az órának. A véletlen mintarealizáció kiválasztása a következőképpen történt. Egy új oszlop beszúrása után, a sokaság minden eleméhez egy véletlen számot rendeltünk (=véletlen) függvény), majd a függvény hivatkozások megszüntetése után, a véletlen számok alapján azokat nagyság szerint sorba raktuk. Ezután az első 150 sor került kiválasztásra, de ez nem jelentette azt, hogy realizáció 150 mintaelemről állt, mert nem minden földtani minta kémiai analízise történt meg minden paraméterre. Az eredményt a hallgató által készített fájl alapján mutatom be (Zsuppán Katalin.xls fájl „I-V_kiválasztás” munkalapjait). Azért dolgozott fel minden hallgató több mintát, hogy megtapasztalja a változékonyság fogalmát. Kiszámításra kerültek a legfontosabb alapstatisztikák (átlag, szórás, lásd a kiválasztás munkalapjainak 155. és 156. sorait). Továbbá, mivel a Ca változó normális eloszlásúnak tekinthető, az erre vonatkozó minta alapján kiszámításra kerül a várható érték 95%-os megbízhatósági szintű konfidencia intervallum alsó és

felső értéke (lásd a kiválasztás munkalapjainak D158. és D159. celláit). Az órán résztvevő 39 hallgató elvileg 195 mintát dolgozott fel a fenti módszer szerint.

2. gyakorlat

Gyakorlatban nem sikerült mindenkinek a feladatokat teljesítenie, vagy olyan mértékben hibázott, ami nem tette lehetővé az eredmények további felhasználását. Így 183 fájlt képezte a második gyakorlat anyagát, ezért azokból az eredményeket egy fájlban összesítettem és a következő órán a hallgatók rendelkezésére bocsátottam (lásd CD melléklet Ora_2.xls file). Az „Átlag_As_Ca_P” munkalap tartalmazza a három valószínűségi változó véletlenszerűen kiválasztott mintarealizációinak átlagait. Ezek az adatok kiváló lehetőséget nyújtanak a centrális határeloszlás tétel szemléltetésére, ami jelentős segítséget nyújt az elmélet megértéséhez. Ennek érdekében a hallgatók elkészítették az As és a P változókra vonatkozó minták átlagainak hisztogramjait („As_átlag_hisztogram” és „P_átlag_hisztogram” munkalapok), majd összehasonlíthatták az eredeti sokaság eloszlásával, az „As_sokaság_hisztogram” és „P_sokaság_hisztogram” nevű munkalapok ábráival, az első óra eredményeivel. A „Ca_minták_statistikái” munkalap A-E oszlopai a hallgatók előző órán a Ca valószínűségi változóra kapott eredményeit (átlag, szórás, mintaelemszám, 95% konfidencia intervallum alsó-, és felső határa), míg az F és G oszlopok a Ca változó várható értékét és szórását tartalmazzák, amit az általunk sokaságnak tekintett mérési eredményekből határoztunk meg a második órán („Sokaság_As_Ca_P munkalap”, C1135, C1136 cellák.). Az eddigiekben a hisztogram készítése az EXCEL beépített „programjával” történt. Több helyen láttuk, hogy ez az automatizmus nem ad kielégítő eredményt. Ezért célszerű a cellafelosztást megkonstruálni. Erre mutat példát a Ca vonatkozásában a „Ca_minták_statistikái” munkalap H oszlopa. A hisztogram oszlopainak minimális számát a mintaelemszám 2-es alapú logaritmusának egész részeként határoztuk meg (H11 cella). A cellák hosszát ennek megfelelően alakítottuk ki (H16 cella), a cellafelosztást megadtuk (H20:H28). Az ilyen módon elkészült hisztogram a Ca_mintaátlag_hisztogram munkalapon látható.

Úgy vélem, az elkészített hisztogramok konstruktív módon megerősítették a hallgatót abban, hogy elég nagy mintaszám esetén a mintaátlag eloszlása közel normális eloszlású, függetlenül attól, hogy a minta milyen eloszlásból származott.

A továbbiakban a várható értékre vonatkozó különböző feltevésekről döntöttünk a z- és t-próbával, illetve a konfidencia intervallumok felhasználásával.

5%-os szignifikancia szinten teszteltük, hogy a sokasági átlag (7143,15 mg/kg, Foszlop) elfogadható-e várható értéknek. A próbafüggvény értékeit az L oszlop tartalmazza. Összeszámoltuk, hogy a hány esetben estek a próbafüggvény értékei a kritikus tartományba. Erre az N oszlopban levő HA és VAGY függvényeket használtuk fel, amelyek értékei 1-et adnak, ha a próbafüggvény értéke a kritikus tartományba esett, és 0-át, ha az elfogadási tartományba. Az összegzés után (N190 cella) azt tapasztaltuk, hogy 4,92%-ban esett a próbafüggvény értéke a kritikus tartományba. Így valóban 5%-os valószínűséggel elutasítjuk a null hipotézisünket, holott tudjuk, hogy az igaz. Tehát 5%-os valószínűséggel követünk el elsőfajú hibát. Azért, hogy a fogalmat a hallgató szemléletesebben és konstruktív módon átélje, grafikusan is szemléltettük a várható értéket és annak 95%-os megbízhatósági szintű konfidencia intervallumait. Az elkészített ábra („Konf_Intervall_és_Elsőfajú_hiba munkalap”) nagy meglepetést okozott, ugyanis négy intervallum kiugróan széles lett. A file-kat átnézve Zsók Ildikó.xls file-ban megtaláltuk a hibát, ugyanis 4 szórás számítása hibás volt. A hiba korrigálása után készült ábra („Konf_Intl_és_Elsőfajú_hiba_jav” munkalap) szemlélteti az elsőfajú hiba és a megbízhatósági szint fogalmát, ugyanis van 9 olyan konfidencia intervallum amely nem tartalmazza a várható értéket. A standardizálás fogalmának jobb megértése miatt a z-próbafüggvény eloszlását is megjelenítettük („z-próbastat. Hisztogramja” munkalap). Ebből látható, hogy ennek alakja, hasonlít a Ca mintaátlag eloszlásához, ami természetes, hiszen ez $N(71430,15;25289,42)$ eloszlású, míg a z-próbastatisztika eloszlása standard normális. A következőkben a várható értéket 5%-al csökkentettük, és feltételeztük, hogy a sokaság szórása ismeretlen. Az így kapott 67858,6 (P oszlop) értékről döntöttünk 5%-os szignifikancia szinten t-próbával. A próbafüggvény értékeit előállítottuk (Q oszlop), és megvizsgáltuk, ezt a feltételezett értéket hány esetben fogadtuk el várható értékül, holott tudtuk, hogy ez nem az. Eredményként 62,8%-ot kaptunk (S190 cella), vagyis ekkora valószínűséggel követünk el másodfajú hibát.

3. gyakorlat

Az óra tematikáját a nemparaméteres próbáknak szenteltem (illeszkedés- és homogenitásvizsgálat). A hipotézis vizsgálat során azt a feltételt kívántuk ellenőrizni, hogy a Ca és az As változók eloszlása megegyezik-e egy adott eloszlással. Kolmogorov-Szmirnov féle próbával teszteltük azt a feltevésünket, hogy a Ca változó normális eloszlásból származik. Ahhoz, hogy a hallgató érzékelje milyen módon befolyásolja a minta elemszáma a próbafüggvény értékét illetve

döntésünket, két minta alapján is elvégeztük a tesztet. Először az általunk sokaságnak tekintett minta alapján végeztük vizsgálatainkat (lásd, CD melléklet Nem_parameteres_probak.xls file, „Ca_sokaság_Kolmogorov” munkalapja). Az EXCEL nem tartalmazza beépített függvényként az illeszkedésvizsgálat eszközeit, ezért konstruktív módon előállítottuk az elméleti és a tapasztalati eloszlásfüggvényt. Első lépésként a minta elemeit növekvő sorrendbe kellett rendezni (B oszlop). Ezután a norm.eloszl függvény használatával az eloszlásfüggvény értékei kerültek kiszámításra (C oszlop). A tapasztalati eloszlásfüggvény értékeit a sorszám függvény felhasználásával adtuk meg (D oszlop). A két függvény grafikonját mutatja be a „Ca_sokaságeloszlásfg_ábra” munkalap. Az elméleti és tapasztalati függvény értékek eltéréseinek meghatározása után (E oszlop) képeztük a próbastatisztikát (G2 cella). Ugyanezt megismételte minden hallgató a saját, újra mintavételezett mintája alapján (lásd példaként a „Egy minta Ca Kolmogorov”, „Ca_minta_eloszlásfg_ábra” munkalapokat). A próbafüggvények értékeit összevetve a kritikus értékekkel, meghoztuk döntésünket, miszerint 5%-os szignifikancia szinten első esetben elutasítottuk, míg második esetben elfogadtuk feltevésünket.

A következőkben az As változó eloszlását vizsgáltuk a 0,4-0,6 m szintből származó minta alapján (az adatokat lásd az „Arzén 20 cm-ként” munkalap, D oszlopában, a belőle számított alapstatisztikákkal együtt, míg a hisztogram elkészítéséhez szükséges cellaszám és hossz adatait az F482:F496 cellák tartalmazzák.) Az elkészített hisztogramot az „As_hiszt_04-06” munkalap A2:B14 cellái tartalmazzák és lognormális eloszlást sejtetnek. Azért, hogy a hallgatóval más eloszlás típust is teszteljünk, első esetben exponenciális, másodikban normális eloszlásról döntöttünk χ^2 négyzet próbával 5%-os szignifikancia szinten. Az exponenciális eloszlásfüggvény értékeit a C, míg a valószínűségeket a D, az elméleti gyakoriságokat az E, a próbastatisztika tagjait az F oszlopok tartalmazzák. A próbafüggvény értékét (F16 cella) összevetve a kritikus értékkel, meghoztuk döntésünket, miszerint 5%-os szignifikancia szinten elutasítottuk feltevésünket. Ezt a vizsgálatot elvégeztük normális eloszlás feltételezése mellett, amelyet szintén elutasítottunk (lásd „As_hiszt_04-06” munkalap I:L oszlopait). Amint fent említésre került, a hisztogram lognormális eloszlást sejtet. Úgy gondoltam, hogy ennek tesztelését az ismertett eljárással órán kívüli önálló feladatnak kiadhatom, és ehelyett, az elméletben tanult ismeretanyag felhasználásával azt vizsgáltuk, miszerint ha az adatok logaritmusának eloszlása normális, akkor az adatok lognormális eloszlásúak. Ennek megfelelően ezt a transzformációt elvégeztük és a normalitás vizsgálatot a már ismertett Kolmogorov-Szmirnov próbával végeztük el („As_04-06_lognorm_K-Sz” mun-

kalap). Az adott minta alapján különböző szignifikancia szinteken elfogadtuk a nullhipotézist.

Egy geológiai kutatásban kétségtelenül fontos ismerni az eloszlást, de a jelen példában mivel több különböző talajszintekből voltak kémiai vizsgálati eredmények, szakmailag felmerült kérdés, hogy a három talajszint az adott szennyeződéssel szemben azonosan viselkedik-e? Ezért homogenitás vizsgálatot végeztünk páronként a három rétegből származó minta alapján. Mivel ilyen vizsgálat a területen eddig még nem történt, ezt tudatva a hallgatókkal, óriási motivációt tapasztaltam a feladat megoldása iránt. Hihetetlen érdeklődéssel fogadták a feladatot, és szinte versenyeztek, hogy ki oldja meg előbb és tud környezetföldtani szempontból megfelelő következtetéseket levonni. A probléma megoldásához adatleválogatást is kellett alkalmazni, hiszen a rétegekben jelentősen különbözött a mintaszám, ami azt jelentette, hogy az első két rétegben több helyen vettek környezetföldtani mintát, mint a 3. rétegben, ami az eloszlást jelentősen befolyásoló tényező lehet. Ezért csak azoknak a pontoknak a mérési eredményeit használtuk fel mind a három szintben, amely függőlegesen mindegyiket harántolta. (Az adatokat az „Arzén 20 cm-ként” munkalap, B:D oszlopai tartalmazzák). Az alapstatisztikák mindegyik szintben segítséget nyújtottak ahhoz, hogy a megfelelő cellafelosztás megtörténjen (lásd Arzén 20 cm-ként munkalap, F485:F496 celláit). Az átlag értékek nem különböztek lényegesen, míg a legnagyobb mért értékek igen. Az elkészült hisztogramokat az „As_hiszt_00-02”, „As_hiszt_02-04”, „As_hiszt_04-06” munkalapok tartalmazzák. A gyakoriságokat a C és az E, míg relatív gyakoriságokat a D és F és a két relatív gyakoriságok különbségének négyzetét, elosztva a gyakoriságok összegével a G oszlop tartalmazza. A próbastatisztika értékét (G24 cella) összehasonlítva a kritikus értékkel döntöttünk a nullhipotézisről. Az eredmény a következő volt: azonos eloszlásból származik az első két vizsgált réteg és ezektől eltérő a harmadik. Szép példáját látjuk annak, hogy „ha a várható értékek megegyeznek, attól az eloszlások még eltérhetnek, viszont fordítva, ha az eloszlások megegyeznek, akkor a várható értékeknek is egyezniük kell” (Dévényi D. és Gulyás O., 1988). Esetünkben az első és a harmadik rétegben az As átlagos koncentrációja majdnem megegyezik, míg az eloszlás nem. A környezetföldtani következtetés nagy jelentőséggel bír, ugyanis ez az eredmény azt jelenti, hogy poremisszióból kiülepedett szennyező arzén migrációja a talajszelvényben, fő tömegében, a 0,4-0,6 méternél vagy ez alatt tart. Ezt a tényt erősítik meg a 20cm-ként kiszámított relatív szórások is, amik a harmadik „rétegben” (0,4-0,6m) többszörösére növekednek.

4. és 5. gyakorlat

Ezekhez a következő órákra tervezett feladatokhoz már az előző órán el kellett készítenie a hallgatóságnak az egész adathalmazból a korrelációs mátrixot (Metallochemia.xls fájl, „Korr_Matr_0,0-0,2” munkalap). A korrelációs együtthatók alapján a hallgatókkal közösen döntöttünk azokról a valószínűségi változókról, amelyekkel a későbbiekben foglalkoztunk. A kiválasztás szempontjai között szerepelt a legnagyobb korrelációs együtthatójú (feltételes formázással kékkel színezve, Co és Li) és egy korrelálatlan (feltételes formázással, sárgával színezve, ha a $-0,05 < r < 0,05$, Mg-B párt választottuk). A pontpárok ábrái mind két esetre elkészültek („regr Li-Co_0,0_0,2m”, „B-Mg pontdiagram” munkalapok). Mivel a higany feltűnően sok kémiai komponenssel mutat korrelálatlanságot, érdemes ezt megvizsgálni, az okokat a hallgatóknak megmutatni. Ennek érdekében ábráztuk a higany-ólom paramétereket, mivel ebben a vonatkozásban geokémiailag indokolt lenne egy nagyobb korrelációs együttható, de az csak $r_{Hg,Pb}=0,058$. Az ábrákon néhány kiugró mért érték miatt (lásd „Hg-Pb pontdiagram” munkalap 1. ábra) ha mind a két paraméternél a mintaterjedelem szerepel a koordináta tengelyeken, nem sok minden látszik. Azonban ha koordináta tengelyek skálájának legnagyobb értékét csökkentjük (lásd „Hg-Pb pontdiagram” munkalap 2. ábra) több tény is nyilvánvalóvá válik. Így, hogy 0 értékek szerepelnek az adathalmazban, ami abból fakad, hogy a kémiai analízis mérési határának felét szokás mérési eredményként beírni az adathalmazba, ha annak értéke a kimutathatósági határ alatt van. Itt ilyen esetben 0-át tartalmaz az adathalmaz. Sőt, az is kiderül, hogy néhány esetben a Hg vonatkozásában hibáztak a beíráskor, mert 0 mellett egyéb szám a 0,11 is a kémiai analízis kimutathatósági határa alatt van, tehát nem szabadna itt szerepelnie. Itt egy nagyon fontos módszertani következtetésre hívtam fel a figyelmet, miszerint, a statisztikai vizsgálatok eredményeit az adott szakma ismeretanyagának felhasználásával kell értékelni, minden esetben a számok mögött meg kell keresni az ok okozati összefüggéseket.

Minden hallgató a regresszió elemzést 5 darab, a fentiekben már ismertetett kiválasztási módszerrel nyert minta alapján végezte el (lásd CD mellékletben, Regresszio.xls fájl, „Zsuppán-Katalin” munkalap). A grafikus szemlélet segíti a megfelelő modell illesztését, ezért a lineárison kívül polinomiális trend illesztése is megtörtént („Zs-K-modellilestés”). Ennek komoly jelentősége van, mert az ábra és determinációs együtthatók segítségével fel lehetett hívni a figyelmet a magasabb fokú polinomok illesztésének veszélyeire. A lineáris modell illesztése mellett döntöttünk, amihez a minta alapján a lin.ill függvényt használtuk

fel. Ennek eredménytábláját példaként a Co-Li estére az A146:B150, míg a Mg-B vonatkozásában C146:D150 cellák tartalmazzák a „Zsuppán-Katalin” munkalapon. Az eredménytábla a következő statisztikákat tartalmazza.

Egyenes meredeksége	y tengelymetszete
Meredekség standard hibája	y tengelymetszet standard hibája
Determinációs együttható	Becslés standard hibája
F próba statisztika értéke	Szabadságfok
Regressziós négyzetösszeg	Maradék négyzetösszeg

Az elvégzett 103 lineáris modell illesztés statisztikáit összegyűjtöttem, amit a gyakorlat résztvevői megkaptak („103-lin-model-eredmény” munkalap B:E oszlopok).

Ennek egyik célja a regressziós modell jóságának F-próbával történő tesztelése volt. A F próbastatisztika szignifikancia szintjeit tartalmazza az F és G oszlop. Ezek alatt meghoztuk döntésünket, amit egy HA függvény segítségével szövegesen írtunk ki. Ahhoz, hogy össze tudjuk számolni, hány esetben jó a modell, szintén a HA függvényt használtuk (a modell elfogadása esetén ennek értéke 1, míg elutasításakor 0 volt). Nem meglepő, hogy erős korreláció esetén mind a 103 illesztés sikeres volt (I519 cella), míg kritikusan kell fogadnunk a közel korrelálatlan változókra illesztett jó modellek számát (J519 cella), ami 13 volt.

A másik cél a regressziós függvény illesztése és paraméterei változékonyságának szemléltetése, amihez az ábrázolást választottam eszköznek, de ahhoz szükséges volt megadni az egyenes néhány pontját („103_lin_model_illesztés”). A második sor a sokaság adataira illesztett egyenes, míg a többi a mintából néhány becsült pontját tartalmazza. A függvények ábráját a „103_lin_model_illesztés ábra” munkalap tartalmazza. Piros vonal jelzi az elméleti, míg a többi a becsült függvényeket. Ennek alapján a hallgató vizuálisan is meggyőződhet arról, hogy a becsült egyenesek mintáról mintára változnak. Az ábrán észlelhető a lineáris regresszió két paraméterének negatív korreláltsága, amit ki is számítottunk (R2 cella). A regressziós paraméterek eloszlását szemléltetik a „lin-model-meredekség”, „lin-model-tengelymetszet” munkalapok.

A lineáris regressziós elemzést egyetlen gombnyomással is elintézhettük volna, illetve ez is megtörtént („Regresszió beépített menüvel” munkalap). Gyorsasága ellenére nem tartom célszerűnek kizárólagos tanítását, (ez egyébként más statisztikai módszerek esetében is igaz), mivel nem segíti a statisztikai

fogalmak, módszerek korrekt megértését, ugyanis mechanikussá és formálissá válik a megszerzett tudás, arról nem is beszélve, hogy a természet nem csak lineáris kapcsolatok létét tételezi fel. Azonban, ha a hallgató megérti és átlátja a feladatot, majd lépésről lépésre meg tudja konstruálni a számítás menetét, ilyen módon ismeretlen, új problémákat is képes lesz megoldani és az eredmények helyes értékelését elvégezni. A konstruktív oktatási szemlélet itt jól megvalósult. Meggyőződésem, hogy az általam elképzelt és kipróbált oktatási módszer hatékonyan segíti a felhasználót összetettebb statisztikai programcsomagok használatában is.

A továbbiakban a regresszió elemzés fontos célját, a becsléseket kívántam bemutatni, a hallgatóság ismereteit elmélyíteni, a Co és Li változók példáján. Továbbra is minden hallgató a saját mintája alapján készítette el a feltételes várható érték, illetve az egyedi érték 95%-os megbízhatósági szintű konfidencia sávját. A konstrukció szükséges lépéseit a „Konfidencia_sáv_számítás” munkalapon láthatjuk. Az A és B oszlopok, a Co és Li változók mintarealizációit, az egyes Li értékeihez tartozó Co becsült értékeit a F oszlop, a t eloszlás kritikus értékeit (inverz.t függvény használatával) a H oszlop, míg a J, L, M oszlopok az intervallum sugarához szükséges számításokat végül az O, P oszlopok az intervallum alsó, felső értékeit tartalmazzák, amelyeket a „Konfidencia_sávok_eredmény” munkalapra gyűjtöttünk össze, ami után a két konfidencia sáv ábrázolása történt meg (Konfidencia sáv ábra 1, Konfidencia sáv ábra 2). Meggyőződünk arról, hogy a becsült regresszió becslés átmegy a Co és Li átlag pontjain (vesd össze a A144 és F146 cellák eredményeit), továbbá, fel lehetett hívni a figyelmet arra is, hogy a legmegbízhatóbb becslést itt kapjuk.

6. gyakorlat

Megfelelő idősoron végzett regressziószámítás a statisztika oktatás vonatkozásában több szempontból hasznos. Bemutathatóak az idősor összetevői, a trend, a periódikus és a véletlen komponens. A földtan oldaláról, nagyon lényeges hogy megmutassuk a hallgatónak a trendet, a trendeltávolítás folyamatát, a maradékot. A földtan, amint azt a II.2. fejezetben említtem, nagy mennyiségű térstatisztikai elemzést használ. Geológus kollégák tapasztalata, hogy leendő és kezdő szakemberek nem tudják elképzelni, hogyan lehetséges egy felületből eltávolítani a trendet, mit jelent a kapott maradék. Holott ilyen helyzettel, szintvonalas térkép szerkesztése során nap, mint nap fognak találkozni illetve találkozhatnak. Az ilyen problémák megértését nagyban segítheti egy egyszerű, az EXCEL segítségével végzett idősoros vizsgálat.

Oktatási célra a Kamut-423, talajvíz megfigyelő kút idősorát választottam ki, aminek adataiból havi átlagadatokat képeztem és ezt bocsátottam a hallgatók rendelkezésére. Az adatokat a Talajviz.xls (lásd CD melléklet), „Gyakorlat” munkalapjának A és B oszlopa tartalmazza. Az első feladat az adatok időbeli ábrázolása, majd a lineáris trend meghatározása volt („Idősor” munkalap). A következőkben még kiszámításra kerültek a trend értékei („Gyakorlat” munkalap C oszlop) és a trend eltávolítása utáni maradék (D oszlop), amely értékeket az idő függvényében ábrázoltunk („Trend utáni maradék” munkalap). Itt, az „Idősor” és a „Trend utáni maradék” munkalapok ábráinak összehasonlítása után, nagyon kézzelfoghatóvá vált a hallgatóság számára mit is jelent a trend eltávolítása. A későbbiekben meg kellett határozni az átlagos periódust. Ehhez megfelelő „alakra” kellett hozni az adatokat, majd kiszámítani minden hónap átlagos adatát („Gyakorlat2” munkalap, AM2:AN13 cellák) és mindezt ábrázolni („Periódus” munkalap). Hidrogeológiai szempontból fontos ábra készült. Érzékelhető, mikor hogyan alakul a periódus, annak mekkora a minimuma, maximuma és az ingadozás mértéke (lásd még AN15 cellát). Ez az ábra jelentős segítséget ad a hidrogeológia és hidrológia oktatásához. Segít értelmezni a csapadékból történő beszivárgás folyamatát. Értékes segítséget ad a műszaki földtannak, annak meghatározására mikor történjen egy épület alapozása, és a vizsgált időszak jellemzői alapján mekkora vízszint ingadozások várhatók. Ez a számítás jelentős költségmegtakarítást eredményezhet, hiszen egy munkagödör szárazon tartása, ha arra szükség van, költséges. Ennél lényegesen gazdaságosabb néhány számítás elvégzése. Ezek a mondatok és ábrák értékesek voltak a hallgatók számára. A statisztika szakmájukban történő használhatóságát nagymértékben bizonyították. Ezek után a véletlen komponens meghatározására történt kísérlet, oly módon hogy a trendtelenített periodikus folyamatból minden évben levontuk az átlagos periódust („Véletlen” munkalap). Azt eldönteni, hogy valóban sikerült-e meghatározni a véletlen komponens nem könnyű, meghaladja a statisztika alapkursus tematikáját. Az itt kiszámított véletlen komponens átlaga 0,007 m, ami figyelembe véve, hogy a használt szoftver csak egy irodai programcsomag része és nem „célszoftver”, nem tekinthető rossznak.

3.3.3. A 2006. év felmérésének értékelése

A kutatás során a folyamatosan módosuló oktatási metodika hatásának ellenőrzése keretében a 2006. évben is megtörtént a kérdőívek kitöltése és kiértékelése a korábbiakban már ismertetett módon. A 2006. év kérdőíves

felmérésének leíró statisztikai eredményeit a 3.3.3. fejezet, I. és II. táblázat: tartalmazza. Ennek az évnak a kiértékelése talán a legfontosabb lépés, hiszen ekkor váltak megvalósíthatóvá azok az elképzelések, amiket négy év tapasztalata alapján gyűjtöttem. A célkitűzésnek megfelelően a 2006. év felmérésének adatait nem csak önmagában, hanem a többi évvel összevetve is értékeltem. Az eddigiekben értékelt táblázatok mellett szemléletesebbnek tartom erre az esetre vonatkozóan a grafikus megjelenítést, ahol mindegyik ábra tartalmazza az adott kérdés sorszámát, a kategóriák számszerűsített értékét, továbbá az ezekhez tartozó szöveget, amelyekből a hallgató választhatott. Ezekon kívül feltüntettem, minden évre vonatkozóan a hallgatók által adott legkisebb és legnagyobb értékeket. A 2-6. kérdések válaszainak kiértékelése előtt, meg kell jegyezni, hogy a kérdőív kitöltése előtt felhívtuk a hallgatóság figyelmét, hogy úgy tekintse a gyakorlatokat, mintha azok egy félévben az előadásokkal párhuzamosan folytak volna.

A mintaszám alapján megállapítható, hogy 42 hallgató járt a két gyakorlatra. A foglalkozások 14 órakor kezdődtek és 16:45-kor fejeződtek be. Az órák látogatása rendszeres volt, onnan a résztvevők több mint fele egyetlen egyszer sem hiányzott. A hallgatók fokozott érdeklődését az óra iránt mutatja, hogy 90 percet késett a kezdés, az egyik alkalommal, oktatói elfoglaltság miatt - amelyről a hallgatók előre tájékoztatást kaptak. Ennek ellenére azt a 21 hallgatóból 18 megvárta és végig részt vett az órán. Ha igaz az az oktatói elképzelés, hogy az érdekes órák látogatottsága nagyobb, akkor ez az eredmény roppant kedvező. Öt év adatait összehasonlítva, jól látszik, hogy a diákok ezekről az órákról hiányoztak a legkevesebbet.

Arra a kérdésre, hogy a tantárgyi tematikát teljesíthetőnek tartja-e (2. kérdés) a hallgatók a „nagyrészt” és „teljesen” kategóriákat választották. Még a 10% percentilis is, a nagyrészt kategóriát jelöli. Ez az öt év alatt mért legnagyobb érték. Különösen értékelendő ez akkor, ha a 2004-ben mért értékkel hasonlítjuk össze, hiszen akkor ugyanezek a hallgatók, 0,65-el alacsonyabb értéket jelöltek meg (3.3.3. fejezet, 1 ábra).

A 3. kérdés, miszerint tartalmilag elegendő-e a tematika, az előző kérdésnél is jobb osztályzatot kapott. Az átlag a „teljesen” kategória. Ez a megállapítás mind az öt felmérésben érvényes és nagyfokú állandóságot mutat (3.3.3. fejezet, 2 ábra), nem okozott változást az óraszám csökkenése. Eszerint immár megvonhatjuk az öt éves mérleget, azaz nem kívánják a hallgatók a tematika bővülését, a meglévő „teljesen elegendő”. A 4. kérdésre, amely az óraszámot vizsgálta a tematikához, az átlagos válasz az „éppen jó” és a „lehetne kicsit több” kategóriák közé esett. A 3.3.3. fejezet, 3. ábra szerint, ez az érték öt év viszony-

latában is az átlagnak nevezhető. Érzékelhető, van kis változtatási igény, ami a több óra felé mozdul el. A hallgatók 2006-ban átlagosan 3,73 órát javasolnak. A tanulók 40%-a szeretne változást látni. A változtatást óhajtók a heti egy gyakorlatot átlagosan 2,1 órára szeretnék növelni. Az önálló munkát, egyéni feladatmegoldást (6. kérdés) a hallgatóság 40%-a alig tartja szükségesnek. Az öt éves idősort tekintve (3.3.3. fejezet, 4 ábra) igaznak tűnik a 2004, 2005 évekre tett megállapítás. Több szakmai példa bizonyos mértékű hallgatói elégedettséget okoz, és kisebb az önálló munka iránti igény. A 7. kérdésre, miszerint megfelelő mennyiségű és minőségű olyan feladat szerepelt, ami segít a tananyag elmélyítésében, 4,4 átlagot kapott. A 10%-os percentilis is a „nagy részt”, míg a 60%-os már a „teljesen” kategóriát jelöli. Különösen értékes ez az eredmény akkor, ha az összes mérési eredménnyel vetjük ezt össze. Igen jelentős mértékű javulást láthatunk (3.3.3. fejezet, 5 ábra). Itt már visszatükröződik a jól átgondolt, kellő részletességgel tanult szakmai feladat hatása. Az órák anyagának egymásra épülését vizsgálta a 8. kérdés. A 4,4-s átlag önmagában semmit nem árul el, javulást mutat 2004, 2005-höz képest de nem különbözik jelentősen a 2002, 2003-as esztendőktől. A legkisebb osztályzat 2004, 2005-ös években volt (3.3.3. fejezet, 6. ábra). Ennek okát abban látom, hogy ezekben az években, két alkalommal megtartott, számítógéppel támogatott szakmai feladatok megoldásának hatása jelenik meg a kérdőíves felmérés eredményeiben, amelynek ismeretében bizonyítottnak látom, hogy nem lett volna szabad az utolsó órákra tenni a gyakorlatokat, egy szakterületről kellett volna hozni feladatokat és annak földtani körülményeit kellett volna minél inkább megértetni a hallgatósággal. Úgy vélem ezek a tényezők eredményezték azt 0,2 értékkel történő átlag csökkenést, ami 2004, 2005-ben bekövetkezett.

A geológus képzés szempontjából egyik legfontosabb a 9. kérdés, miszerint mennyire szolgálta az óra a szakmai fejlődést. A kapott osztályzatok átlaga, egyike a legmagasabbaknak, 4,9. Ez az érték 0,8-0,9-el jobb annál, amit ez a kérdés a mérés teljes idején kapott (3.3.3. fejezet, 7. ábra). Hasonlóan fontos a 10. kérdés is, ami azt tudakolja, mennyire fogja használni a statisztikát leendő munkájában. A 4,1 átlag a „nagy részt” kategóriának felel meg. Ez 0,6-0,7 értékkel több, mint az összes többi mérésben kapottak (3.3.3. fejezet, 8. ábra). Ennél jobb osztályzat szinte nem is várható erre a kérdésre. Ennek oka az, hogy a földtannak egyes területein, mint például az őslénytan, csak most kezdik használni a „komolyabban” a statisztikát. A szakmai órákon erről a tényről a hallgató nem szerez tudomást. Ha ő, éppen egy ilyen területtel szeretne foglalkozni, nem fogja a legjobb osztályzatot adni, hiszen úgy gondolja, neki nem lesz szüksége a statisztikára. Ugyanakkor örömdetes, hogy 2006-ban a legrosszabb

jegy közepes volt, ami jelentős javulás különösen annak fényében, hogy ez az évfolyam, illetve néhány tagja néhány hónappal ezelőtt még jelentősen mást vallott, hiszen például volt olyan hallgató, aki elutasította a statisztikai ismeretek jövőbeli használatát.

Szintén a földtan szempontjából lényeges kérdés a 11., ami azt tudakolta, hogy a statisztikai döntések mennyire fogják befolyásolni elkövetkezendő időben a gazdasági döntéseket. A hallgatók átlagos válasza az volt, hogy 70%-ban. A legrosszabb válasz 2006-ban 30% volt. Az öt év viszonylatában kiemelkedő eredményt kaptunk 2006-ra, 0,8-0,9 értékkel többet, mint az előtte levő években (3.3.3. fejezet, 9. ábra). A statisztikának a teljes geológus képzés egyéb tárgyakhoz való kapcsolatát feszegette a 12. kérdés. A 3,7-es átlag 0,8-1,0 jeggyel jobb, mint a vizsgált öt év más időpontjaiban (3.3.3. fejezet, 10. ábra). Úgy vélem, hogy a tematikusan jól felépített, érdekes, a hallgató számára már érthető szakmai, de összetett földtani problémákat tartalmazó statisztika gyakorlat sikere a 9. 10. 11. 12. kérdéseinek válaszaiban egyértelműen jelentek meg.

A 13. kérdés az első volt a kérdőívben, ami a számítástechnikával támogatott oktatás hatékonyságára kérdezett rá és az erre kapott 4,6-os átlag roppant kedvező jegy volt. Már a 10%-os percentilis is a „nagy részt”, 4-es kategóriánál van. Az előző évekhez képest az átlag 0,6-0,8-as javulást mutat (3.3.3. fejezet, 11. ábra). Ez a kiváló eredmény több tényező együttes hatásának köszönhető. Minden hallgató önállóan dolgozhatott egy gép mellett. Az óra folyamán külön figyelemmel voltunk arra, hogy senki ne maradjon le, ebben segített az a tény is, hogy a hallgatók egymás között is tudtak a felmerülő problémákról konzultálni. Ilyen körülmények között minden hallgatónak volt statisztikából, választott szakmájához kapcsolódó sikerélménye. Több feladat esetén olyan nagy adathalmazmal dolgoztunk, hogy manuális eszközökkel megoldhatatlan lett volna ennek feldolgozása. A statisztika használatával kapott eredmények megjelenítése ábrákon, jelentős szemléletformáló eszköz. Ez a két utóbbi tény már önmagában is bizonyította a hallgató felé számítástechnika eszköz hatékonyságát.

Roppant érdekes, és bizonyos értelemben a hallgatóság megfontoltságát jelzi, hogy mind 2006-ban, mind az előtte levő években, a hagyományos előadást és a számítógépes gyakorlatot támogatták a hallgatók (3.3.3. fejezet, 12. ábra). Abban az esetben, ha a 14. kérdésre adott válaszok közül a 2006-ban adott válaszokat vesszük a legmértékadóbbnak, akkor kis elmozdulás látható – aminek számszerűsített értéke 0,2 – a fejezetek utáni számítógéppel támogatott gyakorlat felé. Fontos megjegyezni, hogy 2006-ban a válasz-lehetőségek közül, a nyilvánvalóan bőséges számítástechnikai tapasztalatokkal rendelkező

évfolyamból, a csak számítógéppel történő oktatás kategóriáját egyetlen hallgató sem választotta. Ezek szerint a hallgató igényli a tárgy alapos elméleti megalapozását.

Oktatás metodikai szempontból fontos a 15. kérdés, miszerint mennyiben segítené a fogalmak megértését, ha csak számítógép használatával történne a statisztika oktatása. A válaszok szorosan kapcsolódnak a 14. kérdéshez és azaz egybevágóak. 2006-ban, a medián a 70%-ban segítené kategóriára mutat rá. Ha mint idősort tekintjük a válaszokat (3.3.3. fejezet, 13. ábra), akkor a 2002-ben csak 1,8 volt az átlag, ami a következő évben jelentősen megemelkedett. A hagyományos statisztika oktatási rendszerében, a válaszok több mint fele állítja azt, hogy csak 30%-ban lenne szerepe a számítástechnikának. Ez a válasz 2004, 2005-re, 50%-ra, módosult. Tehát ahogyan közeledünk időben napjaink felé, a hallgatók egyre inkább nagyobb szerephez juttatnák a számítástechnikát. Az eredményeknek véleményem szerint két oka van. Egyrészt a felmérések kezdetén többségében 2001-ben érettségizett hallgatóktól kaptuk a válaszokat. Ekkor már jelentős elterjedésű volt Magyarországon a számítástechnika, de a hardver jelenléte önmagában nem biztosíték arra, hogy a felhasználó tisztában van az eszköz lehetőségeivel. Nyilvánvalóan napjainkra ebben a vonatkozásban lényegesen kedvezőbb helyzet állt elő. Másrészt, a 2002-ben, a kérdőívet kitöltő évfolyam a táblázat kezelés órán a tanult függvények között nem tanult meg egyetlen statisztikai függvényt sem. A későbbiekben, legalább az átlag, szórás, minimum és maximum függvények ismertetésre kerültek. Továbbá, a számítástechnika alkalmazásának bevezetése a statisztika oktatásba 2004-ben kezdődött meg.

A szakmai példák fontossága (16. kérdés) igen nagy, 4,86 átlagot kapott, már a 20% percentilis is az 5. a „teljes” mértékben kategóriát kapta. A 2006. évben adott válaszok lényegesen különböznek az előző évektől (3.3.3. fejezet, 14. ábra). Az adott jegyek nagyon szűk sávba mozognak. Minden hallgató, a két legmagasabb kategória valamelyikét jelölte meg erre a kérdésre. Áttekintve a válaszokat megállapítható, hogy ennél a kérdésnél is érzékelhető a 2004., 2005. években a bemutató órák szerepe. Ahelyett, hogy a szakmai feladatok növelték volna a tárgy tanulmányának hatékonyságát, éppen ennek ellenkezőjét figyelhetjük meg. Ugyanakkor 2006-ban, átgondolt, kutatáson alapuló szakmai példa és feladat megválasztása jelentős sikert eredményezett. A 17. kérdés kapcsolódva az előzőekhez a szakmai példákat tartalmazó írásos anyag használatára kérdez rá. Ennek szükségességét minden évfolyam fontosnak tartja. Nem is nagyon különböznek a válaszok az egyes évfolyamok között ebben a

tekintetben (3.3.3. fejezet, 15. ábra), ami természetes igényként fogható fel a hallgatóság részéről.

Az adott válaszok alapján, több mint negyven fős hallgatói létszám mellett, egy félévben sikerült bemutatni az új metodikát. Hasonlóan az eddigiekhez, megvizsgáltam, milyen csoportok alakultak ki az évfolyamon belül és mely kérdések befolyásolták a legjobban a csoportok kialakulását. Három csoport meghatározására került sor, hierarchikus klaszterezéssel, euklideszi távolsággal, Ward módszerével. Az eredményt diszkriminancia analízissel ellenőriztem, majd kiszámítottam a Wilk's λ értékeket, amit a 3.3.3 fejezet, III. táblázat mutat be. Érzékelhető, hogy a csoportok kialakulását, a szakmai példák alkalmazása, tankönyv, a számítástechnika és az egyéni feladat megoldásra vonatkozó kérdések befolyásolták a legkevésbé. Más szavakkal ebben volt a legnagyobb egyetértés. A 0,79–0,70 intervallumba eső Wilk's λ értékekkel azok a kérdések rendelkeznek, amelyek a tantárgyi tematika, más tárgyak, a leendő szakmai döntések és statisztikai ismeretek kapcsolatával és az óraszámmal foglalkoztak. A csoportok kialakulásába leginkább a leendő munkában való statisztikai ismeret hasznosulása, és a statisztikának a hallgatók szakmai fejlődésében betöltött szerepe szólt bele. A 2006-os év adatai alapján kialakult sorrend nagyon eltér a 2004, 2005-ös évek eredményeitől és több ponton is hasonlít a 2001, 2002-as évekhez. Így például hasonló helyet foglalják el a szakmai feladatok és mind a két felmérés esetében elég nagy egyetértés volt az oktatási forma megválasztásában, valamint a számítástechnika alkalmazásában.

Összefoglalásként az alábbi tapasztalatokat és következtetéseket lehet megfogalmazni. 2001, 2002-ban a hallgatóság elképzelése az oktatásról, több ponton egybe esik a 2006. esztendőben bekövetkezett „teljes” megvalósulás utáni véleménnyel. Ugyanakkor a 2004, 2005 években történt metodikai változtatások nem voltak elegendőek, aminek következtében a hallgatóság véleménye még olyan kérdésekben is polarizálódott, ami szinte érthetetlen. Gondolok itt a szakmai példák és ilyen jellegű könyv, oktatásba történő beemelésére. Metodikai szempontból ezt a kérdést talán érdemesebb sarkosabban is megfogalmazni. Egy metodikai változtatásba csak akkor szabad belefogni, ha annak a technikai feltételei adóttak és a gyakorlat idejéből kellő mennyiséget tudunk a megvalósításra fordítani. Továbbá, olyan valós adathalmazt kell keresnünk, amin minél több statisztikai fogalmat, módszert be tudunk mutatni. Ez azért fontos, mert egy ilyen szakmai példának ismeretanyagát, feltételrendszerét jobban magáévá tudja tenni a hallgató, így könnyebben a statisztikai fogalmakra, eszközökre és azok alkalmazásának feltételeire tud koncentrálni. Ezek megvalósításához azonban a matematikusnak is azonosulnia kell az adott szakmai problémákkal, egyébként nem lehet elérni, hogy a statisztika az őt illető helyet foglalja el a adott szakterületen.

Kérdés sorszáma	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
2006. év																	
Mintaszám	40	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Átlag	8,5	4,5	4,7	2,6	3,7	3,8	4,4	4,4	4,8	4,1	4,0	3,7	4,6	2,4	3,3	4,9	4,4
Maximum	20	5	5	4	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Minimum	0	4	4	1	3	1	3	3	3	3	2	2	2	2	1	4	2
Medián	0	4	5	3	3	4	4	4	5	4	4	4	5	2	4	5	5
Szórás	10,0	0,5	0,4	0,6	1,0	1,2	0,7	0,6	0,5	0,7	0,8	0,7	0,7	0,8	1,2	0,4	0,9
Relatív szórás	1,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,1	0,2

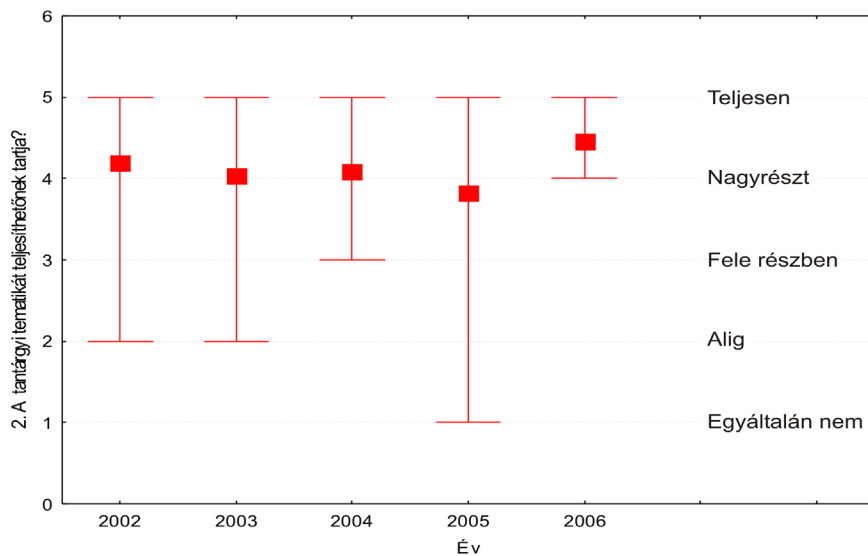
3.3.3. fejezet, I. táblázat. A 2006. év kérdőíves felmérésének leíró statisztikai eredményei I.

Kérdés sorszáma	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
mintaszám	40	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
átlag	8,50	4,45	4,74	2,60	3,74	3,81	4,38	4,40	4,76	4,07	4,05	3,74	4,62	2,40	3,31	4,86	4,40
medián	0	4	5	3	3	4	4	4	5	4	4	4	5	2	4	5	5
percentilis-0,1	0	4	4	2	3	2	4	4	4	3	3	3	4	2	2	4	3
percentilis-0,2	0	4	4	2	3	3	4	4	4,2	3	3	3	4	2	2	5	4
percentilis-0,3	0	4	4	2	3	3	4	4	4,2	3	3	3	4	2	2	5	4
percentilis-0,4	0	4	5	2	3	4	4	4	5	4	4	4	5	2	3	5	4,4
percentilis-0,5	0	4	5	3	3	4	4	4	5	4	4	4	5	2	4	5	5
percentilis-0,6	20	5	5	3	3,6	4	5	5	5	4	4	4	5	2	4	5	5
percentilis-0,7	20	5	5	3	4,7	5	5	5	5	4,7	4,7	4	5	2	4	5	5
percentilis-0,8	20	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	4	5	2,8	4	5	5
percentilis-0,9	20	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	4,9	5	5
maximum	20	5	5	4	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
minimum	0	4	4	1	3	1	3	3	3	3	2	2	2	2	1	4	2

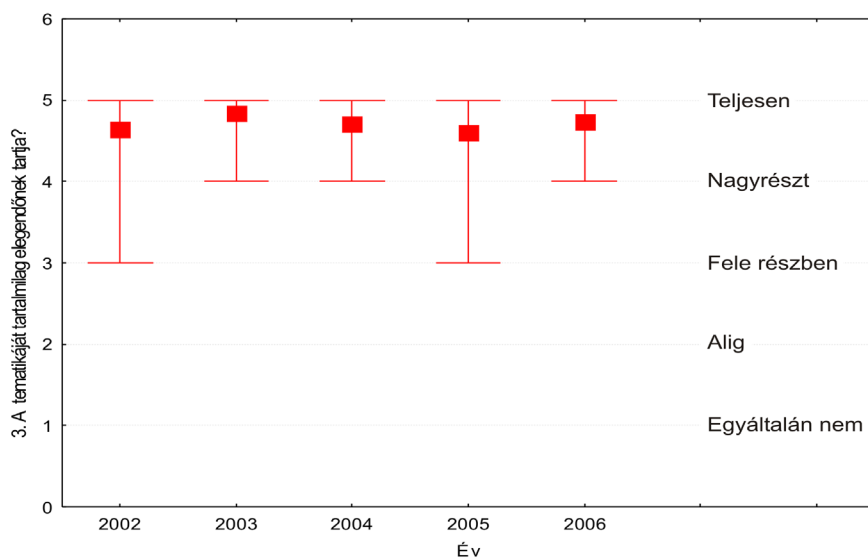
3.3.3. fejezet, II. táblázat. A 2006. év kérdőíves felmérésének leíró statisztikai eredményei II.

Wilks' λ érték	Kérdés	Kér- dés sor- száma
0,470	Mennyire fogja használni a tanult anyagot leendő munkájában?	10
0,579	Az óra hatékonyan szolgálta a hallgatók szakmai fejlődését?	9
0,632	Az óraszámot a tematikához optimálisnak ítéli meg?	4
0,708	Az ismertetett tematikát tartalmilag elegendőnek tartja?	3
0,710	Az órák megfelelően építkeztek a korábbi órák ismereteire?	8
0,736	Ha az óraszám nem megfelelő, heti hány órát javasol?	5
0,750	A megszerzett statisztikai ismeretek hatékonyan segítik ill. befolyásolják leendő szakmai döntéseit?	11
0,756	Mennyiben kapcsolódott a tárgy az eddig hallgatott egyéb tárgyakhoz?	12
0,778	A gyakorlaton megfelelő mennyiségű és minőségű feladat szerepelt amely segített a tananyag elmélyítésében?	7
0,796	A tantárgyi tematikát teljesíthetőnek tartja?	2
0,875	Mely oktatási formát tartaná a legjobbnak a statisztikához?	14
0,924	Véleménye arról, hogy ha csak számítógép használatával történne az oktatása?	15
0,951	Szükségesnek tartja-e - valós adatok feldolgozásával - az egyéni feladatmegoldást, házi dolgozat bevezetését az oktatásba?	6
0,951	Mennyivel tartaná hatékonyabbnak tanulását, megalapozottabbnak tudását, ha a tárgyat számítógép alkalmazásával tanulná?	13
0,988	Mennyivel tartaná jobbnak tudását, ha a statisztika tárgyat szakmai példákat tartalmazó tankönyv segítené?	17
0,990	Mennyivel tartaná hatékonyabbnak tanulását a tárgyat szakmai példák alkalmazásán keresztül tanítanák?	16

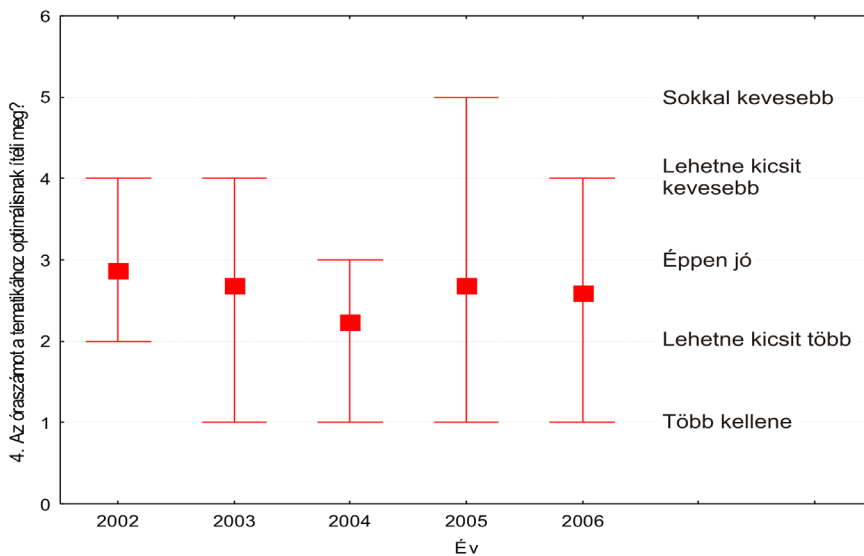
3.3.3. fejezet, III. táblázat. Wilk's λ értékek 2006-ban



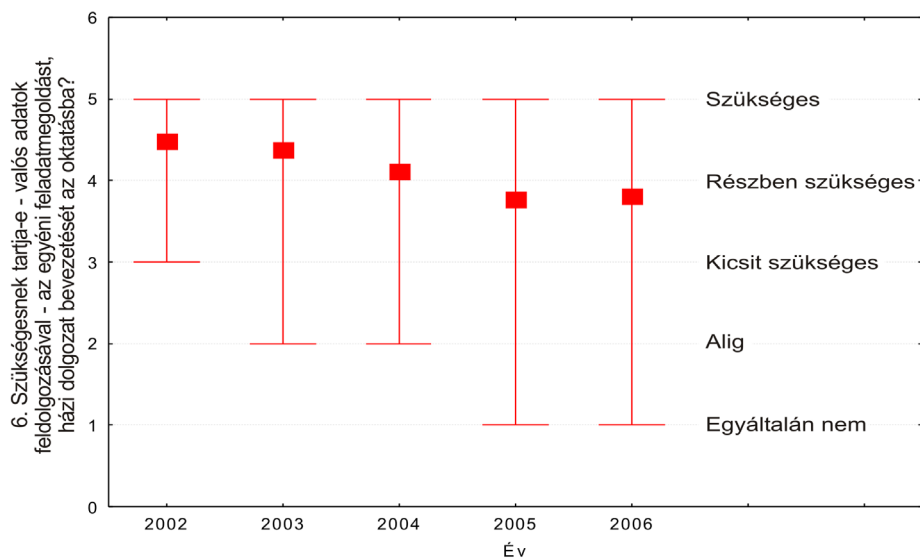
3.3.3. fejezet, 1. ábra



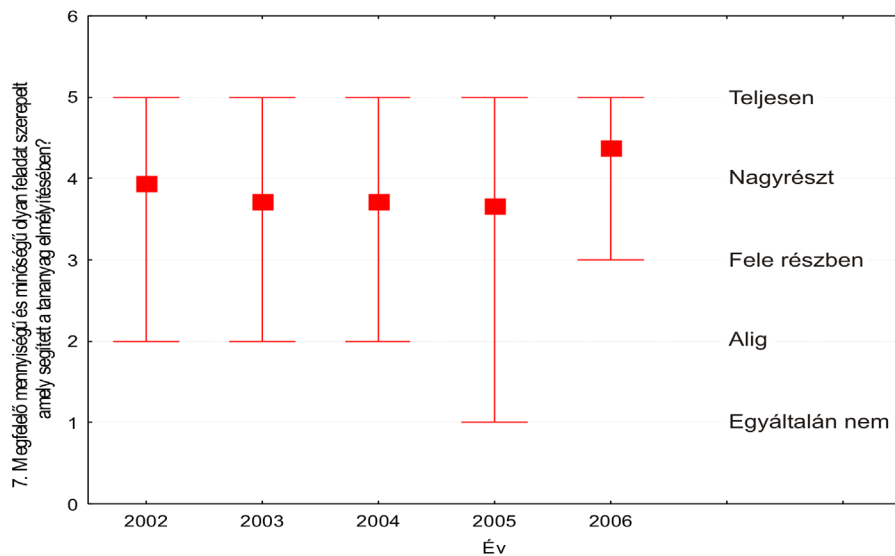
3.3.3. fejezet, 2. ábra



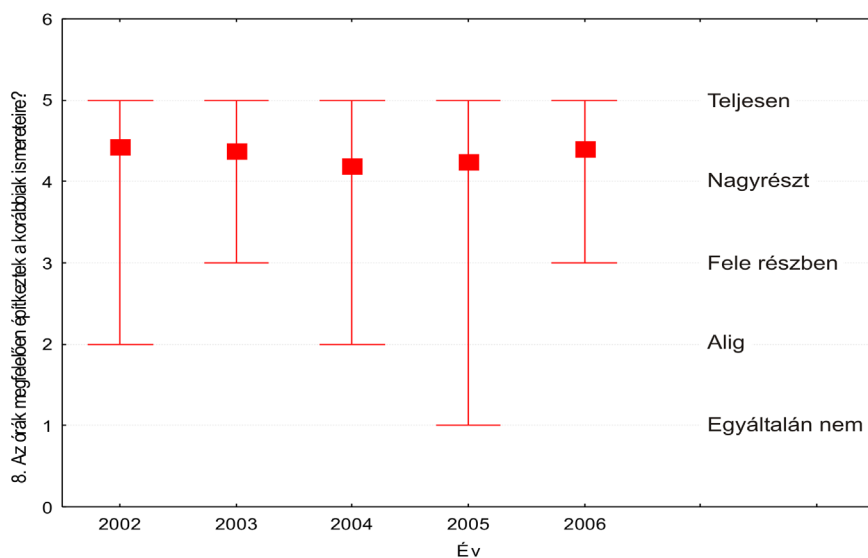
3.3.3. fejezet, 3. ábra



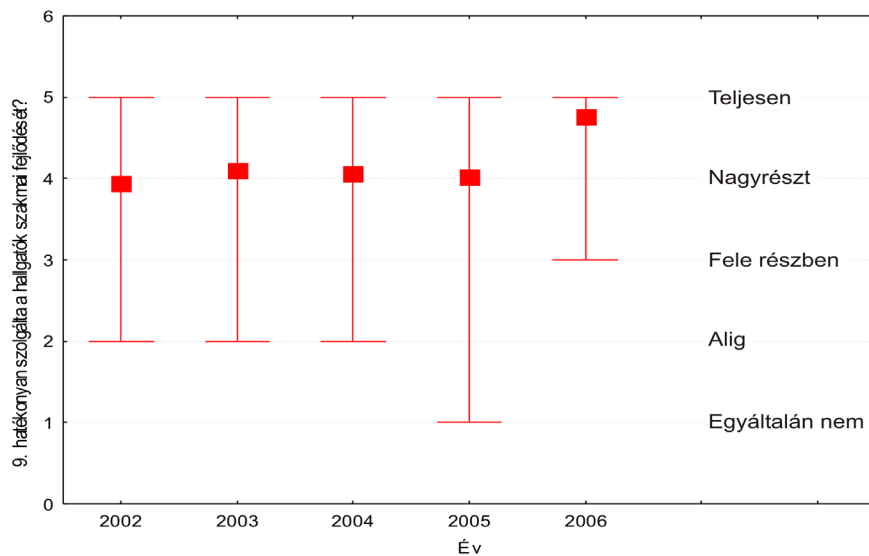
3.3.3. fejezet, 4. ábra



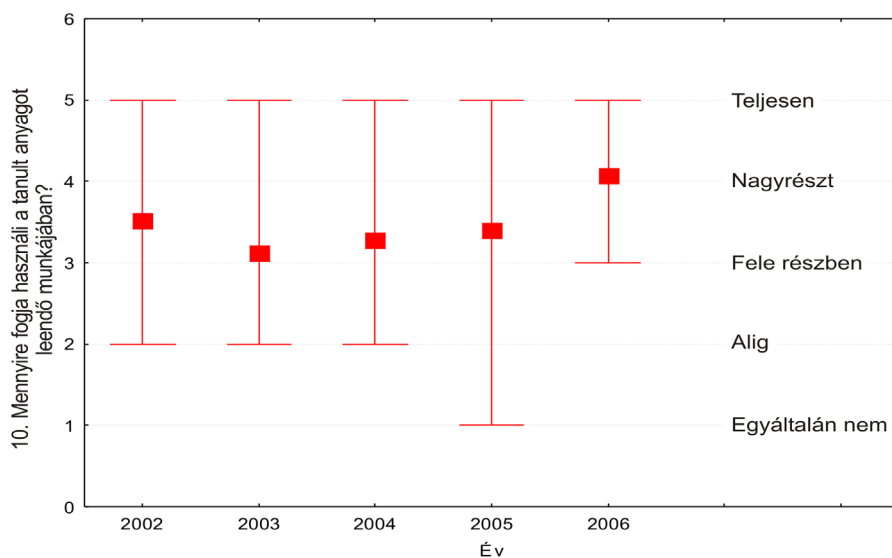
3.3.3. fejezet, 5. ábra



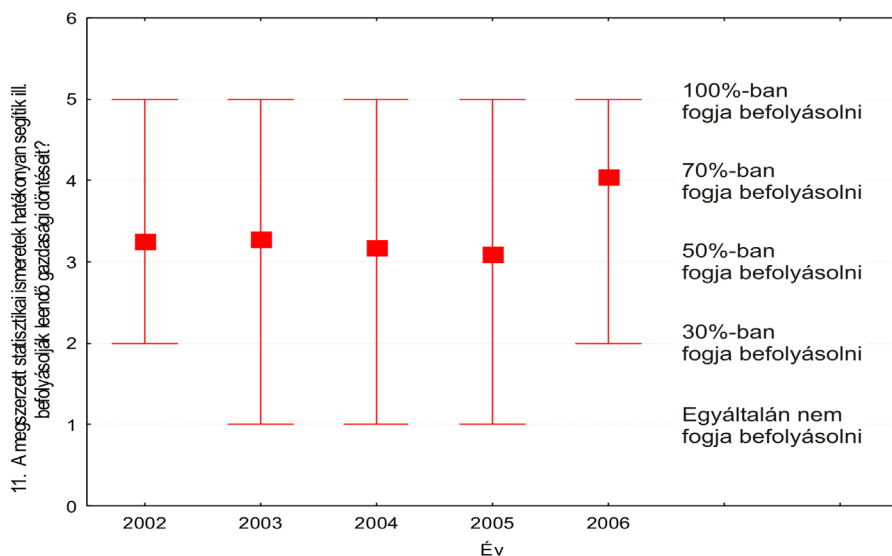
3.3.3. fejezet, 6. ábra



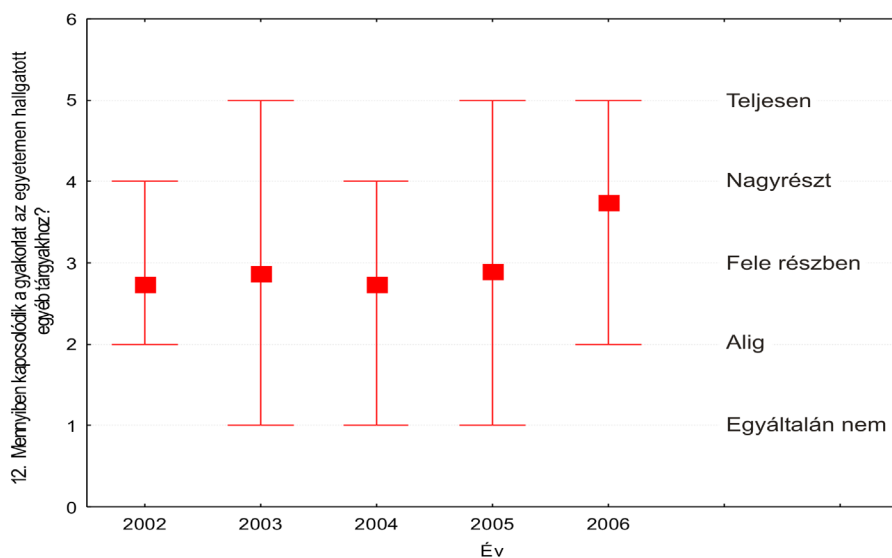
3.3.3. fejezet, 7. ábra



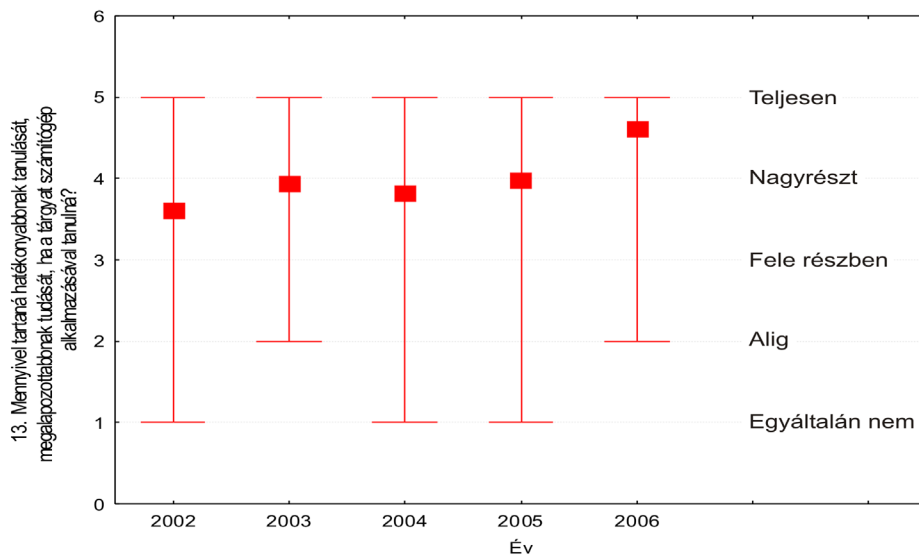
3.3.3. fejezet, 8. ábra



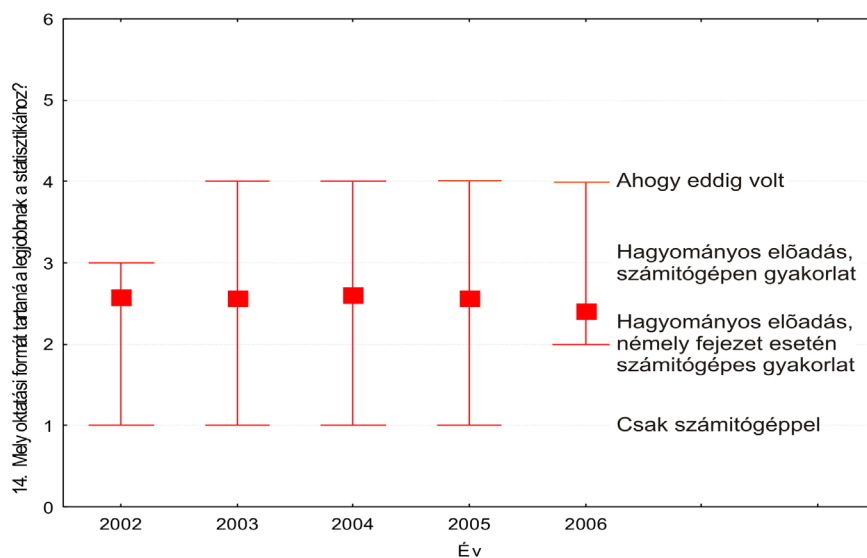
3.3.3. fejezet, 9. ábra



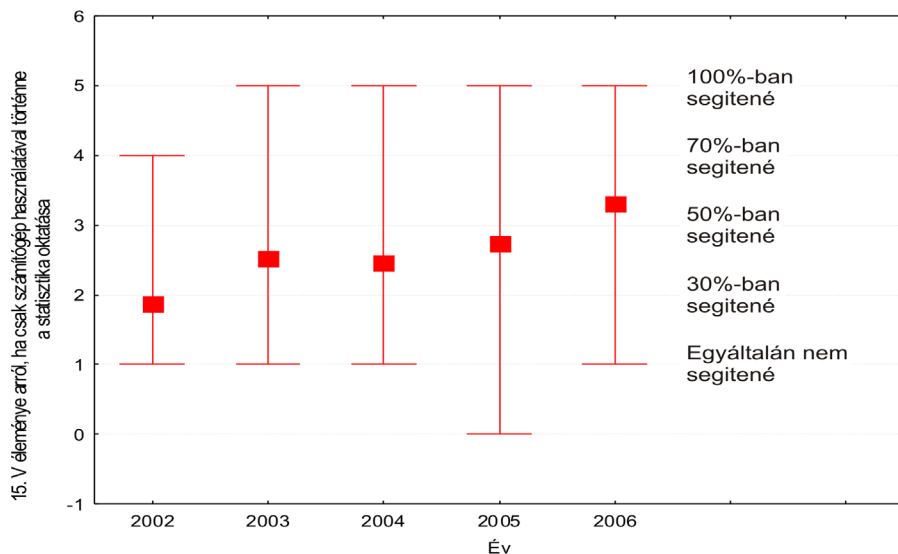
3.3.3. fejezet, 10. ábra



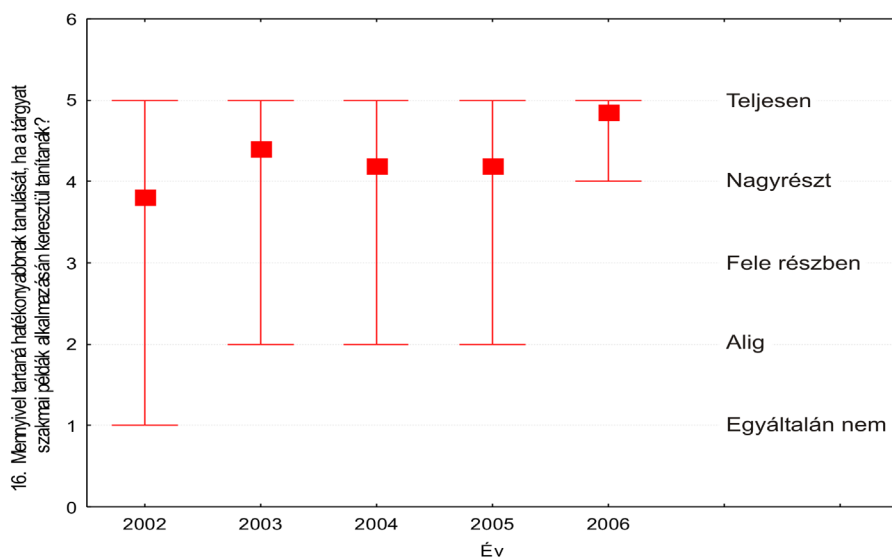
3.3.3. fejezet, 11. ábra



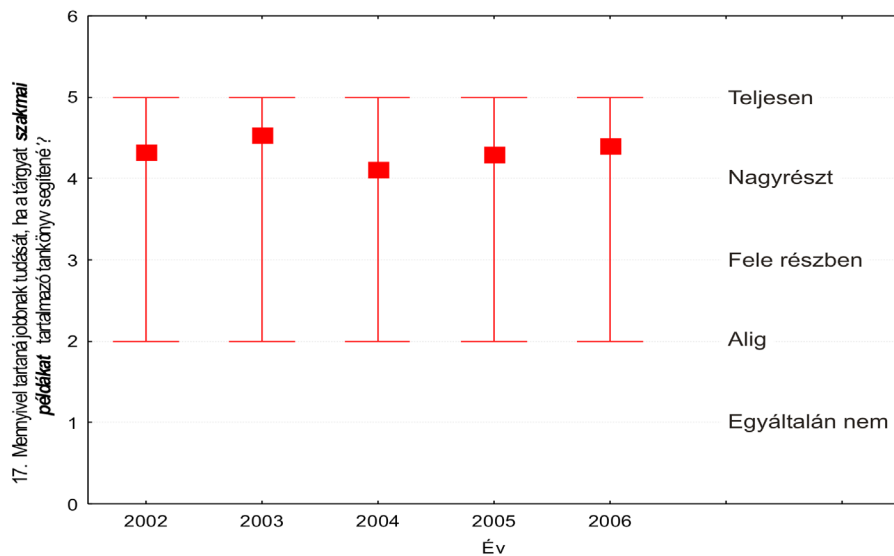
3.3.3. fejezet, 12. ábra



3.3.3. fejezet, 13. ábra



3.3.3. fejezet, 14. ábra



3.3.3. fejezet, 15. ábra

Összefoglalás

Az értekezés első fejezete áttekintést ad a számítógéppel támogatott statisztika oktatás helyzetéről, nemzetközi és hazai publikációk alapján. A vonatkozó irodalom alapján megállapítható, hogy a hetvenes években a számítástechnika erőteljes fejlődésének köszönhetően felmerült a személyi számítógép oktatásba történő bevezetése. A kutatók többsége úgy véli, a személyi számítógépek alkalmazásának egyik nagy előnye, hogy lehetővé teszik a bonyolultabb számítási műveletek gyors és hatékony elvégzését. A hallgatók figyelme felszabadul, így az sokkal inkább a statisztikai alapelvekre irányulhat és kipróbálhatják az elméleti ismereteikhez kapcsolódó gyakorlati lépéseket és technikákat is. Az is megállapítást nyert, hogy a számítógépes órák tényleges hatékonyságához szükség van a statisztika elméleti hátterének a gyakorlati alkalmazásokkal való összekapcsolására. Kutatói tapasztalatok szerint a programcsomagok alkalmazása gazdagabb tanulási környezetet teremt, de a számítógépes szimulációk önmagukban nem garantálják a fogalmak megértését és a tudás kialakulását.

A metodikai változtatások célja, hogy a tanulási problémákat kiiktassuk. Ennek érdekében új eszközöket vezethetünk be az oktatásba, új megközelítést alkalmazhatunk a régi helyett. De felmerül a kérdés, milyen bizonyítékot és hogyan nyerhetünk arra vonatkozóan, hogy az újonnan alkalmazott módszertani megközelítés hatékony a tanulási problémák kiküszöbölésében? Honnan lehet tudni, hogy az alkalmazott módszer vagy tananyag sikeres? Milyen eszközök kerüljenek alkalmazásra az értékelésben? Milyen adatokat kell gyűjteni az értékeléshez és mi maga az értékelés módszere? Ezek után jelenik meg a következő kérdés: mi a következő megteendő lépés? Az újonnan bevezetett módszer értékelését célzó vizsgálatok után célszerű-e tovább vizsgálgatni mi szerint szükség van-e további módosításokra, amelyek a tanulás hatékonysá-

gát elősegítik? Hogyan és milyen adatokat gyűjtsünk az újabb értékeléshez? Megállapítható az a tény is, hogy a tanulmányok között elenyésző azok száma, amelyek az adott módszer alkalmazásának fontosságát, előnyeit és tényleges hatékonyságát empirikus vizsgálatokon keresztül vizsgálja.

A második fejezetben áttekintettem az ELTE geológus szakának oktatási hálóját, a matematikai statisztikához illetve az általam elképzelt, számítástechnikai eszközökkel támogatott oktatáshoz kapcsolódó tárgyak tematikáit. Megállapítottam, hogy ezek a tárgyak biztosítják az ELTE, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Geológiai és Környezetfizikai Központja természetes céljának megvalósulását, miszerint a kurzusokon részt vett hallgatók, végzett szakemberek, munkájuk során, döntési helyzetben, alkotó módon tudják felhasználni matematikai tárgykörben szerzett ismereteiket. Ennek kapcsán fontosnak tartottam, hogy megismerkedjek a statisztikának, mint eszköznek a földtanban, alkalmazott földtanban betöltött szerepével. Arról is meggyőződtem, hogy ez a szerep napjainkban is jelentős, de a jövőben egyre nagyobb lesz. Ennek oka a sztochasztikus modellek térhódítása a földtudományokban.

A geológus hallgatók körében a matematikához kapcsolódó tárgyak és a tematikáik nem élveznek osztatlan sikert. Ennek több oka van. Egy részről a klasszikus geológiának minimális kapcsolata volt a matematikával. Másrészt az utóbbi években a matematika és a fizika kikerült a felvételi tárgyak köréből, csak a földrajz maradt. Így a leendő hallgató azzal a várakozással választotta a geológus szakot, hogy nem kell jelentősebb matematikai tananyagot elsajátítania egyetemi éve alatt. Ugyanakkor, mivel úgynevezett alapozó tárgyról van szó, a diák már tanulmányai elején találkozik a matematikai statisztikával. Ekkor még nem érzékeli milyen szakmai problémák várnak rá, amelyek megoldásában jelentős segítséget kaphat a tárgytól.

Az általam oktatott matematikai statisztika módszertanát 2001. és 2006. között többször változtattam. A harmadik fejezetben erről a folyamatról és annak eredményeiről számolok be. A változtatások előtt szembesülni kellett a ténnyel, hogy a módszertan hatékonyságát mérni kell. A külföldi és a saját oktatási tapasztalatom alapján rögzítettem, hogy a módszertani változtatások bevezetésénél a hagyományos és számítástechnikai eszközök felhasználásával, szakmai példákon keresztül történő oktatási forma lesz a legcélravezetőbb. Ezt tekintettem kiindulási pontnak. Kutatási célkitűzéseim közé tartozott, hogy a módszertan pontosítása és véglegesítése érdekében a hallgatók véleményét, elképzeléseit is figyelembe vegyem. A hallgatói véleményeket ezért kérdőív segítségével vizsgáltam. Tematikusan csoportosuló kérdésekre vártam a választ. Így véleményt kértem a tematika teljesíthetőségéről, az órák mennyiségéről, a

feladatok jellegéről, azok hatékonyságáról, a tanultak használhatóságáról, hasznosságáról és a szakmai példákon keresztül történő, számítógép felhasználásán alapuló oktatásról.

A válaszok kiértékelése során kiszámítottam az egyes évfolyamokra, minden kérdésre vonatkozóan az alapstatisztikákat. Mivel minden résztvevőt több kérdésre adott válaszával mértem, lehetőségem nyílt többváltozós adatelemző módszerek használatára. Csoportosítást végeztem, aminek ellenőrzésére diszkriminancia analízist alkalmaztam. A következő lépésben kiszámítottam a Wilks' λ értékeket, melyek alapján megállapítható volt, hogy a hallgatók között mely kérdésekben volt a legnagyobb egyetértés és melyekben nem.

A metodika változtatásának kísérlete három részre bontható. A 2001. és 2002. években a hallgatói vélemények alapján rögzítettem a hagyományos előadás és gyakorlat helyzetét. 2004., 2005. években kisebb, míg 2006-ban nagyobb mértékű változtatásokat hajtottam végre.

A 2001/2002 és a 2002/2003 tanévekben kérdőíveket a másodéves geológus hallgatók közül, 31, illetve 32 töltötte ki. A kiértékelés során láthatóvá vált, hogy az évfolyamok között, az egyes kérdésekre adott válaszok átlagainak átlaga 0,22 osztályzattal tér el egymástól. A statisztika oktatása során előforduló példák minőségét és mennyiségét valamint a tematika egyes részeinek egymásra épülését kedvezően ítélték meg a válaszadók. Az a kérdés, hogy a szakmai fejlődést mennyiben segíti a tárgy, mindkét évfolyam esetében átlagosan, a „nagy részt” kategóriát kapta. Ehhez képest kisebb ellentmondás, hogy a hallgatóság úgy ítélte meg, leendő szakmai döntéseiket csak mintegy 50%-ban fogja befolyásolni a statisztika ismerete. Itt, ezen a ponton vált megfoghatóvá, hogy jelentős azoknak a hallgatóknak az aránya, akik nem látják és nem érzik a matematikai statisztika jelentőségét szakmai pályafutásuk későbbi szakaszában. Várakozásaimmal egybeestek a válaszok abban a tekintetben, miszerint hatékonyabbnak ítélik meg a statisztika tanulását számítógép használatával. Annak mértéke, hogy ez a metodika mennyire segítené a tanulást, már jelentős szórást mutat. Kevés volt azoknak a száma akik „alig” várnak változást, míg a hallgatók többi része nagyjából 1/3 – 1/3 arányban oszlik el a „fele részben”, „nagy részt” és „teljesen” kategóriák között. A válaszok alapján az is kiderült, a hallgatóság úgy véli nem elégséges csak számítógép segítségével elsajátítani az ismereteket. Szükség van előadásokra, más jellegű gyakorlatokra is. Adott válaszok alapján állítható az is, hogy a tanulási folyamatban nagyon lényeges, hogy a hallgatóság szakmai példákon keresztül tanulhassa a tárgyat és ebben egy írott könyv vagy jegyzet is segítse.

Megvizsgáltam, hogy a tanulói csoportok kialakulásában mely kérdések milyen szerepet játszottak. A számított Wilks' λ értékek alapján megállapítható, hogy a hallgatók között a legnagyobb egyetértés a számítógéppel támogatott oktatási forma és a szakmai példákon keresztül történő tanulási folyamat választásában mutatkozott. Lényeges kérdés volt, hogy mennyire fogják használni a statisztika tanult módszereit és mennyire szolgálják azok szakmai fejlődésüket. Ebben a vonatkozásban a Wilks' λ értékek 0,7 körül mozogtak. Ezzel a „rangsorban” az alsó régióban foglaltak helyet, ami azt jelentette, hogy a válaszok alapján a csoportok kialakulásában jelentős szerepet töltenek be ezek a válaszok. Ebből az következik, hogy hallgatóság véleménye e kérdésekben széles skálán helyezkedett el. A legkisebb λ értékek, a legszemléletesebben mutatják be az óraszámot és a tárgy tematikáját illetően a hallgatói csoportok közötti véleménykülönbségeket. Összességében, a hallgatói vélemények ismeretében igazoltnak látszott, hogy a tárgy oktatásának metodikájában változtatásra van szükség.

A 2004. és 2005. évek őszi féléveiben változtattam a statisztika oktatás módszertanán. Elkezdtem a számítógéppel támogatott oktatási formát. Nem tudtam azonban megszervezni a hallgatóságnak azt a gyakorlatilag egyöntetűen kifejezett óhaját, hogy a hagyományos előadás egyes fejezetei után legyen a számítógépes gyakorlat. Olyan tantermet sikerült biztosítani, ahol 9-10 számítógép állt rendelkezésre, míg a hallgatói létszám 40 és 50 között volt mind a két évfolyamon, ezért két csoportot lehetett szervezni, ami azt jelentette, hogy egy számítógép előtt legalább két hallgató ült. Az órák két alkalommal voltak megtartva, összesen négy 45 perces órán. Módszertani kutatásom kitűzött céljának megfelelően, számítógéppel támogatott oktatás keretében szerettem volna megmutatni a hallgatóságnak a statisztika néhány tárgykörét, szakmai példákon keresztül. Ehhez ki kellett választani a legalkalmasabb szoftvert és a szakmailag több szempontból érdekes és változatos példákat. A szoftverek közül az MS Excelt választottam, mivel használata jogi problémákba nem ütközik, a földtani szakemberek is használják és a hallgatók is rendelkeznek ismeretekkel róla. Az órákon vett feladatok a közettan-geokémia, víz- és környezetföldtan területeiről kerültek ki.

A 2004. és 2005. évekre vonatkozó hallgatói véleményekről összességében megállapítható, hogy a válaszok nem tükrözték vissza azt a szakmai példákon keresztül nyújtott többletet, amit a 2001-2002-ben járt évfolyamok nem kaptak meg. A különböző metodikájú oktatást követő felmérések nyomán készített statisztikákból az látható, hogy az egyes kérdések átlagos megítélése többnyire nem változott, de a hallgatóság által adott „jegyek” belső arányai igen. Megál-

lapítható, valószínűsíthetően a szakmai példák hatására, hogy az önálló munka és az írásos anyag iránti igény csökkent.

A Wilks' λ értékek alapján megállapíthattam, hogy a csoportok kialakításában legjobban a számítógép használatára és a szakmai példákra vonatkozó kérdések vettek részt. A csoportok kialakulását legkevésbé az óraszámhoz, tematikához, az oktatási formához kapcsolódó kérdések határozták meg.

A 2001-2002. és a 2004-2005. években a különböző metodikájú oktatást követően végzett felmérések nyomán megállapítható, hogy a szakmai példákkal folytatott, számítástechnikával támogatott oktatás ebben a formában nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket. Nem történt jelentős változás a hallgatók részéről a statisztikának a földtanban betöltött szerepének megítélését illetően. Nem voltak elég hatékonyak a gyakorlatok. A kérdések és kérdéscsoportok szerepe a hallgatói csoportok kialakulásában teljesen felborult. Ennek több oka lehet. Talán legfontosabb kérdésként merül fel, hogy a szakmai feladatok száma és „minősége” megfelelő volt-e. A hallgatónak mindegyik esetben meg kellett értenie a szakmai problémát és a szükséges szakmai ismeretanyaggal kellett rendelkeznie. Látva a felmérés eredményeit, úgy döntöttem, egy olyan feladatot kell választani, amelyen szinte minden tanult statisztikai módszer alkalmazható. A másik problémának azt láttam, hogy az egy hallgató által elvégezhető gyakorlat mennyisége kevés volt. Ebből következett, hogy jelentősen javítani kellett az óra megtartásának technikai feltételein, továbbá meg kellett találni az óraszám növelésének lehetőségét.

2006-ban sikerült az előzőeket megvalósítani. Minden hallgató külön számítógép mellett egyedül dolgozhatott. A labor órák anyaga az adatelemzésre és értelmezésre koncentrált. Olyan nagy adathalmaz került feldolgozásra, ami manuális eszközökkel megoldhatatlan lett volna. Fontos tényező volt, hogy a statisztika használatával kapott eredményeket megjelenítettük ábrákon, ami jelentős szemléletformáló eszköz. Ez a két utóbbi tény már önmagában is bizonyíthatta a hallgató felé a számítástechnika, mint eszköz, hatékonyságát. A matematikai statisztika szempontjából cél volt a minta fogalmának tisztázása, a konfidencia intervallumok konstrukciója, a hipotézis vizsgálat, a regresszió számítás és egy egyszerű idősor elemzése. Mint már említettem, fontosnak tartottam minden témakör esetében a grafikus megjelenítést, mert úgy véltem ez segíti a hallgatót a statisztikai fogalmak mélyebb megértésében. Az idősor elemzés kivételével egyetlen adathalmaz szolgált a gyakorlatok tárgyául.

A kérdőívek kitöltése és kiértékelése a 2006. évre is megtörtént. Az órák látogatottsága öt év adatait összehasonlítva ekkor volt a legmagasabb. Az oktatás sikerét szemléletesen mutatja a geológus képzés szempontjából egyik leg-

fontosabb kérdés, miszerint mennyire szolgálta az óra a szakmai fejlődést. Az erre adott osztályzatok átlaga egyike volt a legmagasabbaknak, 4,9. A számítástechnikával támogatott oktatás hatékonysága 4,6-os, míg a szakmai példák fontossága, 4,86-os átlagot kapott. Hasonlóan kedvező osztályzatok születtek egyéb hasonlóan fontos kérdésekre is. Egyértelműen megállapítható volt, hogy az öt év időtartamú kísérlet sorozatban ekkor kiemelkedő eredmény született. Ennek alapján egyértelműen bizonyítható, hogy a tematikusan jól felépített, a hallgató számára érdekes, érthető, de összetett földtani problémákat tartalmazó és a statisztika szempontjából átgondolt, számítógéppel támogatott gyakorlat sikeres. Ennek oka valószínűsíthetően az, hogy ilyen oktatási körülmények között, minden hallgatónak volt statisztikából a választott szakmájához kapcsolódó sikerélménye.

Végző összefoglalásként elmondható, hogy egy metodikai változtatásba, mely a számítógéppel támogatott oktatási formát részesíti előnyben, csak akkor szabad belefogni, ha annak a technikai feltételei adottak és a gyakorlat idejéből kellő mennyiséget tudunk a megvalósításra fordítani. Továbbá, olyan valós adathalmazt kell keresni, amelyen minél több statisztikai fogalmat, módszert be tudunk mutatni. Ez igen fontos, mert egy ilyen szakmai példának ismeretanyagát, feltételrendszerét jobban magáévá tudja tenni a hallgató, így kellőképpen a statisztikai fogalmakra, eszközökre és azok alkalmazásának feltételeire tud koncentrálni. A gyakorlati órák sikeres megvalósításához a matematikusnak is azonosulnia kell az adott szakmai problémákkal, egyébként nem lehet elérni, hogy a statisztika az őt megillető helyet foglalja el az adott szakterületen.

Summary

The first chapter of the thesis gives an overview of the general status of statistics instruction in a computer- assisted environment based on Hungarian and international works. As shown by data from the literature, thanks to a relevant development in computers, the possibility of introducing personal computers into statistics classes was postulated as early as the 1970s. As many researchers agree, one of the most important benefits of using computers in the classroom is the speeding up of complicated calculations. This way the students minds are virtually liberated from the enduring task of mechanical calculation and can pay more attention to the statistical principles introduced in the class, plus they can test the practical skills of solving tasks. It was also stated that in order to increase the efficiency of instruction in Statistics classes, it is important to link the theoretical problems to practical everyday examples later usable as tasks to be solved by the students in the framework of seminars. Based on the experiences gained by methodology researchers, the application of various software packages creates a more versatile classroom atmosphere enhancing learning. However, the computer-assisted programs and simulations do not guarantee an understanding of the theoretical problems on their own and thus the construction of knowledge.

The generally applied methods of instruction are developed with the aim of eliminating study problems. This is achieved in various ways, like the introduction of new tools or approaches in teaching. When new teaching practices are introduced into a classroom, one of the most intriguing questions to find an answer for is how can we test and prove whether or not the new methods were truly effective in eliminating the study hardships of students? How do we know if the new practice was successful and what tools can be used to evalu-

ate it? What type of data should be collected and what is the exact method of evaluation? After the initial evaluation results are gained is it worth to make a follow-up to see if further modifications are needed in the teaching practices to fully eliminate study problems? How should this new data be acquired? It is important to note that there are only a few empirical studies addressing these questions available in the literature.

Chapter two gives an overview of the curriculum of the Geology major students at ELTE University of Budapest, plus the structure of computer-supported subjects in education including my subject of Statistics. I realized that all these subjects, including mine are congruent with the general expectations of the instructors of the Institute of Geography and Geology and Geological and Environmental Physics Research Centre. Namely, that students should be able to use the knowledge acquired and skills developed on the classes in a constructive way during their decision making in real life work setting. Attested to this goal, I considered it highly important that students should become aware of the importance of statistics and mathematics in the everyday practice of applied geological research work. The more and more extensive use of stochastic simulations in geosciences renders this goal even more important.

Subjects related with mathematics are not quite popular among students of Geology. Classical Geology does not have many connections with the field of Mathematics on one hand. On the other hand, students are not longer required to take an entrance exam in Maths and Physics besides Geography should they opt to become a Geology major. As a result, the majority of students choose Geology as their major with the anticipation that they will not have to acquire a significant amount of mathematical knowledge during their studies. Conversely, statistics, as an introductory course is taught during the very first part of the Geology curriculum. Unfortunately, this is why most students are not able to recognize the importance of this subject for their future work and studies at this very early stage.

I personally made several modifications in my teaching methods in the Statistics classroom between 2001 and 2006. Chapter three discusses my efforts plus the outcome. Before any changes are made, it was important to realize that the effectiveness of instruction practices should be somehow quantified and empirically evaluated. Based on my own classroom experiences and those gained abroad I got to the conclusion that a mixed use of traditional and computer aided methods and the utilization of geological examples in the Statistics classroom are the most effective ways of successful teaching. This was only a starting point in my work. But before the final decision is made

on the changes to the educational structure, it was important to know the students' opinions about the question as well. For this reason the students were asked to fill out a questionnaire about the hardness of the topics covered, the sufficiency of the classes held, the usefulness of the knowledge acquired, the goodness of the tasks utilized in the classroom and of the entire computer-assisted classroom environment using geological examples in the work. During the evaluation, the descriptive statistics for each question posed were calculated for the individual classes. As every student was evaluated by multiple replies, there was a possibility to use multivariate methods in the evaluation. The initial grouping was tested using discriminant analysis. Then the Wilks' λ values were calculated, which revealed which group of students agreed most in which questions. The attempt of reforming teaching methods in the Statistics classroom comprised of three parts. The first step during 2001 and 2002 involved of gaining a general survey of the status of traditional lectures and seminars. Then slight modifications were made in 2004 and 2005 in the teaching methods. Finally, major transformations came in 2006. During the years of 2001/2002 and 2002/2003 31 and 32 sophomore students answered questions in the questionnaires all majoring in Geology. There was a difference of 0.22 between the averages of grades given to the individual questions of the individual years, as it was reflected in the replies. The quantity and quality of the examples used in the Statistics classes were marked highly positive, similar to the linked structure of the topics discussed. The question of how much the subject will help in their future career was answered by the choice "largely" in both years. Conversely, there is a slight contradiction in the fact that the majority of the students thought the subject of Statistics will influence their future practical decisions only to a degree of 50. I guess it was a clear reflection on the assumption that a significant portion of the students are unable to grasp the importance of Statistics regarding their future work and career. As it was expected, most students considered the computer-assisted classes to be more effective than the traditional ones. However, there is a large-scale variance in the answers given to the question of how much teaching practices would enhance learning. Very few students expected no change at all. The majority chose partly, largely or fully in equal approximately 30% proportions. As it was shown by the replies, students also realized that the simple use of computers does not guarantee a successful knowledge acquisition on its own. So lectures and seminars are equally important in teaching. Most students agreed that the use of practical tasks and examples related to the field of their study

also promotes easy understanding. A university textbook with such examples greatly enhances learning.

The role of questions in creating student groupings or clusters was also studied in details. As shown by the calculated Wilks' λ values, the greatest consent among students was in the question of supporting computer-assisted classrooms and the use of practical examples in teaching. Another important question of how the newly acquired statistical knowledge would contribute to their future career scored around 0.7, putting this question to the lower end of the rank. This means that these questions have a very important role in creating the observable clusters of students on the one hand. On the other hand, it also highlights that there is a great variance in the opinion of students regarding these important issues. The lowest Wilks' λ values also clearly reflect the differences in how students think about the topics of the course instructed and the number of contact classes. On the whole, all students' answers reflected a need for change in teaching practices.

Changes in the teaching methods of Statistics were implemented in the fall semesters of the years 2004 and 2005. Computer-assisted teaching was introduced as part of these efforts. Unfortunately, the uniform demand of the students requiring a computer-assisted lab or seminar after each and every lecture held could not have been met. Due to technical problems, I was given a classroom with 9-10 computers for lab work. However, the number of students was four times as many around 40-50 on two years. So two groups were created, meaning that two students were sharing a computer on the classes. There were 2 labs a week, altogether adding up to four 45-minute classes. In accordance with my initial methodological goals, I wanted to introduce some topics of Statistics to students using practical examples from the field of Geology in a computer-assisted classroom environment. There are numerous software packages available for teaching statistics in a computer-assisted classroom. However, the tutor must have a clear overview of the capabilities and restrictions of the individual programs, their user friendliness, graphical abilities, easy interpretation of the output by students, how commonly used by other experts of the field and what are the possibilities for a legal copyrighted use. It is also fine if some students have some preliminary knowledge of the program to be used in the classroom. As shown by my own findings, the most suited pack in introductory Statistics courses is MS Excel, widely used by Geology experts in practice. Plus the students also have some preliminary knowledge of the program as well. The used examples on the classes were deriving from the fields of Petrology, Geochemistry, Hydrogeology and Environmental Geology.

As was seen from the initial survey of these classrooms the surplus given to the students by using geological examples was not significantly reflected in the positive opinions as compared with those of the traditional classrooms of 2001 and 2002. Although there were no significant changes in the opinions on the average, the positive marks given to the individual efforts by students altered significantly internally. There was a major decrease in the demand for a textbook and independent work probably as a result of the use of easy-understandable practical examples from the field. As shown by the calculated Wilks' λ values, the questions mostly responsible for the creation of clusters among students were those dealing with the use of computers in the classroom and use of practical examples from the field of Geology. The least influential questions were addressing the number of contact classes, the topics discussed and the type of classes used for instruction. The computer-assisted classroom and the other transformations introduced into the teaching practices of my Statistics course did not meet the initial expectations as shown by the slight differences in the opinions of students of the years 2001-2002 receiving traditional training, and those of the years 2004-2005 studying in a modified classroom environment of computers and practical examples. No significant change was observable in the rating of the importance of Statistics in Geology given by students. The seminars were not effective enough. Plus the initial system of student clustering by the answers given to the questions about the classes was completely turned over. There must be several reasons for this. One might be to question whether or not the quality and number of the used practical examples were satisfactory. In case of the practical examples, students must have a clear understanding of the geological part of the problem before solving the statistical part of the task. After the initial results of the survey I decided to choose an example, which can be used for testing various statistical principles and problems. The other major problem was the low number of contact hours on the seminars. So on the long run there was a demand to enhance the technical properties of the classes plus the number of contact hours as well.

In 2006 major improvements were made in the classroom like not only the number of weekly classes increased but the number of computers available to students in the classroom as well, enabling students to work individually using their own computers. Seminars were focusing on data analysis and interpretation of the gained results. The used data base was so enormous; it could not have been evaluated mechanically. The major aim was to clarify such concepts as statistical sample, the construction of confidence intervals, hypothesis testing, regression analysis and simple time-series analysis. A single data base was

used, except for the last topic discussed. The graphical output of the results was also indispensable, as it enhances better understanding. The questionnaires of these classrooms were also evaluated revealing that this was the year when most students attended the classes in 5 years time. The success of the classes is clearly reflected in the answer given to the question considered most important from the side of training Geologists. How much do you think the classroom enhanced your career development? The marks given to this question was one of the highest: 4.9. The average marks given for the effectiveness of computers in the classroom and the importance of using geological examples were 4.6 and 4.86, respectively. Similarly favorable marks were given to other evaluative questions as well. During the 5 year of our experimentation 2006 was the most successful year. So a well-structured lab or seminar in a computer-assisted setting using carefully selected complex practical examples from the field of Geology can be successful in teaching Statistical concepts. Such a classroom environment ensures a personal success of the student on the classes creating a positive attitude to the subject.

The findings of my work can be summed up as follows: Changes in the methodology are advisable only if there is enough time for the successful implementation. The availability of the necessary technical background is also an important prerequisite for the introduction of a teaching method using a computer-assisted environment. It is important to create a classroom where students can work individually using a single computer each. The use of a single versatile database from the field of study of the major, which is both intriguing and suitable for introducing several statistical concepts, is also advisable. This way the students have to gain a clear understanding of the case only once, and can freely focus on the statistical concepts, tools utilized in the solution process. Finally, one of the foundations of successful teaching in Statistics is that the tutor can endorse with the cases and problems of the given subject major and be able to interpret the results from this expertly point of view. Only this way can Statistics regain its position and importance in the curriculum.

Irodalom

- Anderson, C. W. – Loynes R. M. 1987. The Teaching of Practical Statistics. J.Wiley&Sons, Chichester-Brisbane-Toronto-Singapore. p. 199.
- Anderson, D. R. – Sweeney, D. J. – Williams, T.A. 1999. Statistics for Business and Economics 7th ed. Western College Publising
- Anderson – Cook, C. M. 1999. An In-Class Demonstration to Help Students Understand Confidence Intervals. Journal of Statistics Education (Online), 7(3).
- Andó J. 1995. A Metallochemia gyártelep és környéke hulladékainak, valamint a szennyezett talaj kiegészítő környezeti minősítő, illetve környezettechnológiai alapoó vizsgálata, Kézirat, p. 101.
- Arató M. 1979. Fejezetek a matematikai statisztikából számítógépes alkalmazásokkal. Számki Közlemények, p. 22.
- Armero, C. – Ferrándiz, J. 2002. Simulation in the Simple Linear Regression Model. Teaching Statistics 24(1). pp. 12–16.
- Baksa Cs. – Bárdossy A. – Bárdossy Gy. – Fodor B. – Lengyel Vné – Virágh K. – Zsiday G.B. 1983. A geostatisztika alapfogalmai. Kézirat, Budapest. p. 24.
- Bata G. – Andó J. 2005. Nehézfémekkel szennyezett talajszelvény környezeti minősítő vizsgálata a Metallochemia-telephely (Budapest, XXII. kerület) környezetében. Földtani Közlöny, 135/1, pp. 91–111.
- Bailar, J. C. 1995. A Larger Perspective. The American Statistician, 49, pp. 10–11.
- Baráth Cs.-né – Ittész A. – Ugrósdý Gy. 1995. Biometria (módszertani alapok és a MINITAB programcsomag alkalmazása), Budapest, Mezőgazda Kiadó, p. 288.

- Biehler, R. 1993. Software Tools and Mathematics Education: The Case of Statistics. In Keitel, C. – Ruthven, K. (Eds.) *Learning from computers: Mathematics education and technology*, Springer-Verlag, Berlin, pp. 68–100.
- Biehler, R. 1997. Students' difficulties in practising computer supported data analysis – Some hypothetical generalizations from results of two exploratory studies. In: J. Garfield – G. Burrill (Eds) *Research on the role of technology in teaching and learning statistics*. Voorburg, The Netherlands: International Statistical Institute, pp. 169–190.
- Bognár J.-né – T. Nemetz 1983. On the teaching of order statistics. *Proc. of the first ICOTS*, Sheffield pp. 179–187.
- Bryce, G.R., 2005: Developing Tomorrow's Statisticians. *Journal of Statistics Education* (Online), 13(1).
- Buda Gy. – Koller F. – Kovács J. – Ulrych J. 2004. Compositional variation of biotite from variscan garnitoids in Central Europe: a statistical evaluation, *Acta Mineral. Petrogr.* Vol. 45/1 pp. 21–37.
- Cobb, P. 1994. Where is the Mind? Constructivist and Sociocultural Perspectives on Mathematical Development. *Educational Researcher*, 23, pp. 13–20.
- Dambolena, I. G. 1986. Using Simulation in Statistics Courses. *Collegiate Microcomputer*, 4, pp. 339–344.
- Davis, C. 1973. *Statistics and data analysis in Geology*. John Wiley and Sons, Inc. N.Y., p. 550.
- Davis, J. C. 1986. *Statistics and Data Analysis in Geology*. John Wiley and Sons, New York, p. 646.
- Davis, J. C. 2002. *Statistics and Data Analysis in Geology*. John Wiley and Sons, New York, p. 638.
- Derek C. 2004. Resampling with Excel. *Teaching Statistics*. 26(1).
- Deutsch, C.V. – Journel, A.G. 1992. *GSLIB Geostatistical Software Library and User's Guide*. Oxford University Press. p. 384.
- delMas, R. C. – Garfield, J. – Chance, B. L. 1999. A Model of Classroom Research in Action: Developing Simulation Activities to Improve Students' Statistical Reasoning. *Journal of Statistics Education* (Online), 7(3).
- Dévényi D. – Gulyás O. 1988. *Matematikai statisztikai módszerek a meteorológiában*. Tankönyvkiadó, Budapest, p. 443.
- Dienes I. 1987. A geológiai paraméterek sztochasztikus kezelésének lehetőségei és korlátai. *Földtani Közlöny* 117. kötet 3. füzet, pp. 275–283.

- Dienes I. 1988. Válasz Füst Antal észrevételeire. Földtani Közlöny 118. kötet 3. füzet, pp. 287–288.
- Dryden, I. L. – Márkus L. – Taylor C. C. – Kovács J. 2005. Non-stacionary spatio-temporal analysis of karst water levels, Applied Statics Vol. 54, Part 3, pp. 1–18.
- Eisenhauer, J.G. 2003. Regression through the origin. Teaching Statistics 25(3). p. 76–80.
- Elek I. 2005. Az adatbányászat osztályozási eljárásainak alkalmazása a vektoros térinformatikában. (online) http://lazarus.elte.hu/%7EElek/fooldal/cikkek/elek_pca.pdf
- ESRI, 1996. ArcViewGIS. Using ArcViewGIS. Environmental System Research Institute Inc., Redlands, CA, USA. p. 350.
- Franklin, L. A. 1992. Using Simulation to Study Linear Regression. The College Mathematics Journal, 23, pp. 290–295.
- Füst A. 1997. Gestatisztika. Eötvös Kiadó, Budapest,. p. 427.
- Füst A. 1988b. Észrevételek Dienes István: „A geológiai paraméterek sztochasztikus kezelésének lehetőségei és korlátai” című tanulmányáról. Földtani Közlöny 118. kötet, pp. 285–286,
- Greentech Kft. 1993. Metallochemia gyártelep (1225 Budapest, Harangozó u. 2.) környezetének rehabilitációs engedélyezési terve. Munkaközi terv. I.A., II.A, II.B. Kézirat, p. 280.
- Greentech Kft. .1994. Metalloglobus Fémipari és Termelőeszköz Kereskedelmi Rt. Metallochemia Gyáregység, 1225 Budapest, XXII. Harangozó utca 2. szám alatti telephelyének környezeti rehabilitációja. Környezeti károk rendezésének elvi építési engedélyezési terve. Kézirat, p. 75.
- Horváth A. – Bozsai G. – Szabados M. – Károlyi E. – Szabó M. 1980: A talaj nehézfém-szennyezettségének vizsgálata ólomkohó környezetében. Magyar Kémikusok Lapja, XXXV. pp. 135–140.
- Intron-Bodemtech. 1991a. Results of the second stage of the determinative soil investigation at the Metatallochemia-site and its surroundings. Budapest, Hungary, Kézirat, p. 180.
- Intron-Bodemtech 1991b. Results of the deteiminitive soil investigation at Metallochemia and its surroundings. Budapest, Hungary, Kézirat, p. 180.
- Journel, A.G. – Huijbregts, Ch.I. 1978.: Mining Geostatistics. Academic Press, London, New York, San Francisco. p. 600.
- Gal, I. – Ginsburg, L. 1994. The role of beliefs and attitudes in learning statistics: towards an assessment framework. Journal of Statistics Education, (Online), 2(2).

- Garrett, L. – Nash, J.C., 2001: Issues in Teaching the Comparison of Variability to Non-Statistics Students. *Journal of Statistics Education*, Online, 9(2).
- Garfield, J.B. 1993. Teaching Statistics Using Small-Group Cooperative Learning. *Journal of Statistics Education*, Online, 1(1).
- Garfield, J.B. 1995a. Reflections on the Past 15 Years. *Teaching Statistics* 17(2), pp. 77–78.
- Garfield, J. B. 1995b. How students learn statistics. *International Statistical Review*, 63/1. pp. 25–34.
- Garfield, J. – Hogg, B. – Schau C. – Whittinghill, D. 2002. First courses in statistical science: the status of educational reform efforts. *Journal of Statistics Education*, Online, 10(2).
- Geiger J. 2006. A szekvenciális Gaussi szimuláció övzátanytestek kisléptékű heterogenitásának térképezésében. *Földtani közlöny* (in press)
- Geiger J. – Mucsi L. 2005. A szekvenciális sztochasztikus szimuláció előnyei a talajvízszint kisléptékű heterogenitásának térképezésében. *Hidrológiai Közöny*, Vol. 85. No.2. pp. 37–47.
- Glaserfeld, E. Von 1981. An Attentional Model for the Conceptual Construction of Units and Numbers. *Journal for Research in Mathematics Education*, 12, pp. 83–94.
- Glaserfeld, E. Von 1987. Learning as a Constructive Activity, in *Problems of Representation in the Teaching and Learning of Mathematics*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 3–17.
- Glaserfeld, E. Von 2000. Problem of Constructivism. In Steffe L.P. and Thompson P.W. (Eds) *Radical Constructivism in Action Building on the Pioneering Work of Ernst Von Glasersfeld* pp. 3–10.
- Golden Software Inc. 1997. *Surfer User's Guide, Conturing and 3D Surface Mapping for Scientists and Engineers*, Vesion 6, Golden, Colorado.
- Golden Software Inc. 1999. *Surfer User's Guide, Conturing and 3D Surface Mapping for Scientists and Engineers*. Vesion 7, Golden, Colorado.
- Golden Software Inc. 2002. *Surfer User's Guide, Conturing and 3D Surface Mapping for Scientists and Engineers*. Vesion 8, Golden, Colorado.
- Goodman, T. 1979. Using the Microcomputer to Teach Statistics. *Mathematics Teacher*, pp. 210–215.
- Gordon, F. S. – Gordon, S. P. 1989. Computer Graphics Simulations of Sampling Distributions. *Collegiate Microcomputer*, 7, p. 185–189.
- Hauptman J. 2004. Presentation of Type I and Type II Error rates to Non-statisticians, *Teaching Statitics*, vol.:26, No.3, pp. 46–48.

- Hesterberg, T. C. 1998. Simulation and Bootstrapping for Teaching Statistics. American Statistical Association Proceedings of the Section on Statistical Education, Alexandria, VA: American Statistical Association, pp. 44–52.
- Hodgson, T. – Burke, M. 2000. On Simulation and the Teaching of Statistics. Teaching Statistics 22(3). pp. 91–96.
- Hoover, W. A. 1996. The practice implications of constructivism. SEDLetter [Online], 9(3).
- Hunt N. 2001. Generating Multivariate Normal Data in Excel. Teaching Statistics. 23(2). pp. 58–59.
- Hunt N. – Mashhoudy H. 2004. Charts in Excel-A Series Matter. Teaching Statistics. 26(2). pp. 46–48.
- Hunt N. – Sidney T. 2002. Cleaning Dirty Data in Excel. Teaching Statistics. 24(3). pp. 90–92.
- Jánosa A. 2005. Adatelemzés számítógéppel. Perfekt Kiadó, p. 271.
- Johnston K. et al. 2001. Using Arcgis Geostatistical Analyst. ESRI, p. 300.
- Juhász J. 1987. Hidrogeológia. Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 972.
- Kemény S. – Deák A. – Lakné Komka K. – Vágó E. 2004. Statisztikai elemzés a Statistica programmal, Budapest, Műegyetemi Kiadó, p. 352.
- Kennedy, K. – Olinsky, A. – Schumacher, P. 1990. Using Simulation as an Integrated Teaching Tool in the Mathematics Classroom. Education, 111, pp. 275–296.
- Kersten, T. 1983. Computer Simulations to Clarify Key Ideas of Statistics. Two-Year College Mathematics Journal 14, pp. 416–421.
- Ketskemény L. – Izsó L. 2005. Bevezetés az SPSS programrendszerbe (Módszertani útmutató és feladatgyűjtemény statisztikai elemzésekhez), Budapest, Eötvös Kiadó, p. 459.
- Kettenring, J. R. 1995: What Industry Needs. The American Statistician 49, pp. 2–4.
- Koroknai Zs. – Kovács J. – Kovácsné Székely I. 2005. A Balaton “medence-felosztásának” vizsgálata többváltozós adatelemzéssel. Hidrológiai Közlemény, Vol. 85, Part. 6, pp. 62–64.
- Kovalcsikné P. O. 2004. Az Excel függvényei A-tól Z-ig. ComputerBooks, Budapest, p. 311.
- Kovács B. – Szanyi J. 2005: Hidrodinamikai és transzportmodellezés II. Miskolci Egyetem, Szegedi Tudományegyetem, GÁMAGEO Kft. p. 213.

- Kovács, J. – Márkus L. – Halupka, G. 2004. Dynamic Factor Analysis for Quantifying Aquifer Vulnerability. *Acta Geol. Hung.* Vol. 47/1, pp. 1–17.
- Kovács J. – Reskóné Nagy M. – Kovácsné Székely I. 2005. Mintavételezés gyakoriságának vizsgálata tér-statisztikai függvénnyel a Velencei-tó példáján. *Hidrológiai Közlöny*, Vol. 85, Part. 6, pp. 68–71.
- Kovács J. – Koroknai Zs – Futó I. – Kovácsné Székely I. 2006. Period estimation and using multivariable data analysis methods in Lake Balaton time-series, *Acta Geod. et Geoph. Hung.* Vol. 41, pp. 45–54.
- Kovács J. – Végh S.né, 2006: Az 1949 – 2004 között az ELTE-n végzett geológusok elhelyezkedési lehetőségei. *Földtani Közlöny* 1361, pp. 139–147.
- Kovács J. – Kovácsné Székely I. – Könczöl A. Periódus vizsgálat: alkalmazási feltételek. XI. Karsztfejlődés konferencia, pp. 15–24.
- Kovács J. – Szabó P. – Szalai J. (in press). Talajvízállás adatok idősoros vizsgálatai a Duna - Tisza közén. *Vízügyi Közlemények*.
- Kovácsné Székely I. 2006. Feedback from students on the teaching of statistics. *Octagon*, pp. 601–616.
- Kovácsné Székely I. 2006. Understanding the spatiotemporal sample: a practical view for teaching geologist students, *Teaching Mathematics and Computer Science*, 4/1, 89–99.
- Major P. 1993. A Nagy-Alföld talajvízháztartása. *Hidrológiai Közlöny*, pp. 40–44.
- Marasinghe M. G. – Meeker W. Q. – Cook D. – Shin T. 1996. Using Graphics and Simulation to Teach Statistical Concepts. *The American Statistician*, 50, pp. 342–351.
- Matheron, G. 1962. *Traité de géostatistique appliquée*, Tome 1, Editions Technip, Paris, p. 334.
- Márkus L. – Berke O. – Kovács J. – Urfer W. 1999. Analysis of spatial structure of latent effects governing hydrogeological phenomena. *Environmetrics*, Vol 10. pp. 633–654.
- Márkus L. – Kovács J. 2003. On the Effects of Water Extraction of Mines in Karstic Areas *Mathematische Geologie* Vol 7.
- Middleton M.R. 2004. *Data Analysis Using Microsoft Excel*, Duxbury Press, p. 279.
- Mills J. D. 2002. Using Simulation Methods to Teach Statistics: Review of the Literature. *Journal of Statistics Education* [Online], 10(1).
- Mills J. D. 2003. A Theoretical Framework for Teaching Statistics. *Teaching Statistics*, 25(2).

- Mvududu N. 2005. Constructivism in the Statistics Classroom: From Theory to Practice. *Teaching Statistics*, 27(2). p. 49–53.
- Nahalka I. 2002. Hogyan alakul ki a tudás a gyerekekben? Konstruktivizmus és pedagógia. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. p. 144.
- Pálfai I. 1996. A talajnedvesség és a talajvízállás változásai az Alföldön. *Vízügyi Közlemények*, 2. füzet, pp. 207–218.
- Rappai G. 2001. Üzleti statisztika Excellel, Központi Statisztikai Hivatal, Budapest, p. 231.
- Rónai A. 1985. Az alföld negyedidőszaki földtana. *Geologica Hungarica, Series Geologica* 21. p. 445.
- Repét Kft. 2001a. Budapest, XXII. kerület, Metallochemia telephely környezeti állapotértékelő dokumentációja és a környezetvédelmi műszaki védelmi alternatívák vizsgálata. Döntéselőkészítő tervtanulmány, Kézirat, p.: 208.
- Repét Kft. 2001b. Budapest, XXII. kerület, Metallochemia telephelyet környező területek részletes tényfeltárási záródokumentációja. Kézirat, p. 157.
- Repét Kft. 2001/c. Budapest, XXII. kerület Metallochemia telephely és környéke környezetvédelmi műszaki beavatkozás engedélyezési-kiviteli terve. Kézirat, p. 412.
- Rétháti, L. 1985. Valószínűségelméleti megoldások a geotechnikában. Akadémiai Kiadó, Budapest. p. 393.
- Rétháti L. 1965. A talajvízjárat befolyásoló természetes és mesterséges tényezők változásának vizsgálata. *Hidrológia Közlöny*. 4. pp. 529–540.
- Rétháti L. 1975. Az évi közepes talajvízállások elsőrendű autokorrelációs együtthatójának sajátosságai. *Hidrológia Közlöny* 1. pp. 54–64.
- Petocz P. – Reid A.. 2001. Students' experience of learning in statistics. *Quaestiones Mathematicae*, supplement 1, p. 37–45.
- Prvan T. – Reid A. – Petocz P. 2002. Statistical Laboratores Using Minitab, SPSS and Excel: A Practical Comparison. *Teaching Statistics*, 24(2). pp. 68–75.
- Snee R.D. 1993. What's Missing in Statistical Education? *The American Statistician*, 47, pp. 149–153.
- Székelyi M. – Barna I. 2002. Túlélőkészlet az SPSS-hez (Többváltozós elemzési technikákról társadalomkutatók számára), Typotex kiadó, Budapest, p. 453.
- Nemetz T. 1980. Pre-university stochastic education in Hungary. in: *Comparative Studies of Mathematical Curricula – Change and Stability*, H–G. Steiner, (ed.), IDM. Bielefeld, pp. 478–485.

- Nemetz T. – Wintsche G. 1999. Valószínűségszámítás és statisztika mindenkinek. Polygon, Szeged. p. 243.
- Ubell K. 1953. Talajvíz-tározódás csapadék hatására. Vízügyi Közlemények, II. kötet.
- Ubell K. 1963. A felszínalatti vízkészlet meghatározásának módszerei. Vízgaz. Szimp. Varsó. (Melléklet a Vízügyi Közlemények 3. füzetéhez)
- Utts J. – Sommer B. – Acredolo C. – Maher W.M. – Matthews R.H. 2003. A Study Comparing Traditional and Hybrid Internet-Based Instruction in Introductory Statistics Classes. Journal of Statistics Education [Online], 11(3).
- Vaughan T. S. 2003. Teaching Statistical Concepts With Student-Specific Datasets. Journal of Statistics Education [Online], 11(1).
- Ward J.H. – Fountain R. L. 1996. More Problem Solving Power: Exploiting Prediction Models and Statistical Software in a One-Semester Course. Journal of Statistics Education [Online], 4(3).
- Webster R. – Oliver M. A. 1990. Statistical Methods in Soil and Land Resource Survey. Oxford University Press, p. 316.
- Yu C. – Behrens J. T. – Anthony S. 1995. Identification of Misconceptions in the Central Limit Theorem and Related Concepts and Evaluation of Computer Media as a Remedial Tool. ERIC Document Reproduction Service No. 395–989, New Orleans, LA.

| melléklet: Tantárgyi tematikák

Matematika I.

Halmazok, reláció és az erre épülő függvény fogalma. Fontos elemi valós-valós függvények. A valós és komplex számok halmaza. Számsorozatok, konvergens sorozat, műveletek konvergens sorozatokkal. A konvergencia elégséges feltételei. Végtelen sor, a végtelen sor konvergenciájának szükséges és elégséges feltételei. Hatványsorok. Valós függvények folytonossága, műveletek folytonos függvényekkel, Bolzano tétel, Weierstrass tétel. Függvény határértéke. A differenciálhatóság fogalma, műveletek deriválható függvényekkel. Monotonitás, szélsőérték, konvexitás kapcsolata a deriváltakkal, függvényvizsgálat. Taylor polinom, Taylor sor. Primitív függvény, primitív függvény keresésének módszerei. Határozott integrál fogalma, az integrál tulajdonságai, Newton-Leibniz formula. Az integrál alkalmazásai területei, ívhossz, térfogat, felszín, súlypont, tehetlenségi nyomaték számítása. Fourier sorok. Improprius integrál. Vektor fogalma, műveletek vektorokkal, egyenes, sík egyenlete. Skaláris szorzat, vektoriális szorzat. Mátrixok, műveletek mátrixokkal, lineáris egyenletrendszerek. Determináns. Többváltozós függvények felületek, görbék. Parciális derivált fogalma, differenciálhatóság. Érintő sík, érintő vektor. Többváltozós függvény szélsőértékének szükséges és elégséges feltételei. Vektor-vektor függvény derivált mátrixa, divergencia és rotáció fogalma, jelentése. Vonalintegrál, potenciál fogalma, elégséges feltétel potenciál létezésére. Többszörös integrál. Integrálalakító tételek: Gauss és Stokes tétel.

Differenciálegyenletek geológusoknak

Lineáris első és másodrendű problémák biztos kezelése, közelítő módszerek bemutatása. Parciális differenciálegyenlet felállításának, megoldásának bemutatása, Fourier módszere. A tantárgy tematikájának tartalma: Differenciálegyenlet fogalma, típusai. Szétválasztható változójú differenciálegyenlet. A differenciálegyenlet felállításának technikája, példákon keresztül. Elsőrendű lineáris differenciálegyenlet (homogén, inhomogén). Másodrendű lineáris differenciálegyenlet (homogén egyenlet megoldáshalmaza, állandó együtthatós lineáris differenciálegyenlet, az inhomogén egyenlet partikuláris megoldása). Megoldás keresése hatványsor alakban (Bessel, Legendre egyenlet). Peremérték-problémák. Rezgő rendszerek, a rezonancia. Laplace transzformáció. Variácószámítás, Euler-Lagrange differenciálegyenlet. A rezgő húr és a hővezetés problémája, parciális differenciálegyenlet korrekt felállítása, kezdeti feltétel. A Fourier módszer.

Valószínűségszámítás

A valószínűség szemléletes és axiomatikus fogalma, Kolmogorov-féle valószínűségi mező. Példák a klasszikus valószínűségi mező alkalmazására. Visszatevéses és visszatevés nélküli mintavétel. Geometriai valószínűségi mező. Feltételes valószínűség. Valószínűségek kiszámítására vonatkozó azonosságok. Teljes valószínűség tétele. Bayes tétel. Függetlenség (események, eseményrendszerek, valószínűségi változók függetlensége). Tételek független valószínűségi változókra. Diszkrét valószínűségi változók és eloszlásuk, indikátor változó, diszkrét egyenletes, binomiális, hipergeometrikus, Pascal, negatív binomiális és Poisson eloszlás. Valószínűségi változók együttes eloszlása, függetlensége. A várható érték és tulajdonságai. A teljes várható érték tétele. Nevezetes diszkrét eloszlások várható értéke. A szórás és tulajdonságai. Nevezetes diszkrét eloszlások szórása. A korrelációs együttható és tulajdonságai. Markov- és Csebisev-egyenlőtlenség. A nagy számok Bernoulli - féle gyenge törvénye. A binomiális eloszlás közelítései. Abszolút folytonos eloszlású változók várható értéke, szórása. Az eloszlásfüggvény és sűrűségfüggvény fogalma. Abszolút folytonos valószínűségi változók függvényének eloszlása. Az egyenletes, exponenciális, normális eloszlás. Centrális határeloszlás tétel, Moivre-Laplace tétel.

Matematikai statisztika

Statisztikai minta, nevezetes statisztikák A becslések követelményei. Rendezett minta. Becslési módszerek (maximum likelihood-, momentum-módszer) Példák. Konfidencia intervallumok. Statisztikai próbák alapfogalmai és menete. Próbák várható értékre. Szórások vizsgálata. A χ^2 -próba és alkalmazásai: illeszkedés-, homogenitás-, függetlenség vizsgálat. A regresszió analízis alapfogalmai. Lineáris regresszió becslése a mintából. A becslés hibája. Nemlineáris regresszió. A korrelációs együtthatóra vonatkozó próbák. Nemlineáris modellek transzformációi. Többdimenziós normális eloszlás. Idősor fogalma és összetevői. Az óraszám 2003-tól csökkent, ezért az utóbbi években már csak az említés szintjén lehetett része az oktatásnak a nemlineáris regresszió és a többdimenziós normális eloszlás

Geostatisztika

Az ásványlelőhely minták. A regionalizált változó fogalma és tulajdonságai. A földtani adatok információtartalma. A félvariogram, mint a térbeli folytonosság kifejezője, számolási módja, tulajdonságai, modellezése. A térbeli anizotropia (geometria, zonális) és megjelenítése a variogram felszínnel. Lineáris becslési eljárások különös tekintettel a krigelésre. A krigelési szórás. Vetőstatisztika. A megkutatottság optimális mértékének meghatározása. Ásványtelepek paramétereinek előrejelzése. Az ásványvagyon osztályozási rendje. Ezt a tematikát kiegészíti még néhány a földtanban használatos geostatisztikai programcsomag (például a Surfer) ismeretének elsajátítása is.

Táblázatkezelés geológusoknak

Alapfogalmak: sor, oszlop, cella, cella tartalma, értéke, hivatkozások, mozgás a táblában, cellák tartalmának másolása, relatív–abszolút cella hivatkozás. Egyszerű táblázatok, műveletek, „worksheet functions” használata, távolság mátrix tábla készítése. Függvények: dátum és időkezelés, szövegkezelő függvények, feltételes és kereső függvények, egyszerű statisztikai függvények alkalmazása, egy összetett gyakorlati példa feldolgozása. Ábrák: grafikon típusok, készítés, módosítás, feliratozás. Nyomtatás. A help használata.

Adatbázis-kezelés geológusoknak

Adatbázisok tervezése, alapvető fogalmak, első-, második-, harmadik normálforma. Adatbázis kezelés, a Microsoft Access-el: táblák létrehozása, műveletek a kész táblával, lekérdezések (választó lekérdezések, feltételek megadása, függvények használata). Az SQL nyelv alapjai. Űrlapok és jelentések.

II. melléklet: A hallgatók által kitöltött kérdőív

1. Az órák / gyakorlatok hány százalékáról hiányzott Ön?
☐ 0% ☐ 20% ☐ 40% ☐ 60% ☐ 80% ☐ 100% ()
2. A félév elején ismertetett félév tantárgyi tematikát teljesíthetőnek tartja?
☐ egyáltalán nem (1) ☐ alig (2) ☐ fele részben (3)
☐ nagyrészt (4) ☐ teljesen (5)
3. A félév elején ismertetett félév tantárgyi tematikát tartalmilag elegendőnek tartja?
☐ egyáltalán nem (1) ☐ alig (2) ☐ fele részben (3)
☐ nagyrészt (4) ☐ teljesen (5)
4. Az óraszámot a meghirdetett tematikához optimálisnak ítéli meg?
☐ több kellene (1) ☐ lehetne kicsit több (2) ☐ éppen jó (3)
☐ lehetne kicsit kevesebb (4) ☐ sokkal kevesebb (5)
5. Ha nem, heti hány órát javasol?
előadás ☐☐ gyakorlat ☐☐
6. Szükségesnek tartja-e – valós adatok feldolgozásával – az egyéni feladatmegoldást, házi dolgozat bevezetését az oktatásba?
☐ szükséges (5) ☐ részben szükséges (4) ☐ kicsit szükséges (3)
☐ alig (2) ☐ egyáltalán nem (1)

7. A gyakorlaton megfelelő mennyiségű és minőségű olyan feladat szerepelt amely segített a tananyag elmélyítésében?
- ☐ egyáltalán nem (1) ☐ alig (2) ☐ fele részben (3)
☐ nagyrészt (4) ☐ teljesen (5)
8. A gyakorlat (főlöszleges átfedések és megalapozatlan utalások nélkül) megfelelően építkezett a korábbi órák ismereteire?
- ☐ egyáltalán nem (1) ☐ alig (2) ☐ fele részben (3)
☐ nagyrészt (4) ☐ teljesen (5)
9. Az óra hatékonyan szolgálta a hallgatók szakmai fejlődését?
- ☐ egyáltalán nem (1) ☐ alig (2) ☐ fele részben (3)
☐ nagyrészt (4) ☐ teljesen (5)
10. Hogyan ítéli meg: mennyire fogja használni a tanult anyagot leendő munkájában?
- ☐ egyáltalán nem (1) ☐ alig (2) ☐ fele részben (3)
☐ nagyrészt (4) ☐ teljesen (5)
11. Hogyan ítéli meg: a megszerzett statisztikai ismeretek hatékonyan segítik ill. befolyásolják leendő gazdasági döntéseit?
- ☐ egyáltalán nem fogja befolyásolni (1)
☐ 30% - ban fogja befolyásolni (2)
☐ 50% - ban fogja befolyásolni (3)
☐ 70% - ban fogja befolyásolni (4)
☐ 100%-ban fogja befolyásolni (5)
12. Hogyan ítéli meg, a tárgy mennyiben kapcsolódik az egyetemen hallgatott egyéb tárgyakhoz?
- ☐ egyáltalán nem (1) ☐ alig (2) ☐ fele részben (3)
☐ nagyrészt (4) ☐ teljesen (5)

13. Mennyivel tartaná hatékonyabbnak tanulását, megalapozottabbnak tudását, ha a statisztika tárgyat számítógép alkalmazásával tanulná?

☐ egyáltalán nem (1) ☐ alig (2) ☐ fele részben (3)
☐ nagyrészt (4) ☐ teljesen (5)

14. Mely oktatási formát tartaná a legjobbnak a statisztikához:

☐ ahogyan eddig volt (1)
☐ hagyományos előadás, számítógépen gyakorlat (2)
☐ hagyományos előadás, némely fejezet esetén számítógépen gyakorlat (3)
☐ csak számítógéppel (4)

15. Mi a véleménye arról, hogy mennyiben segítené a fogalmak helyes megértését, az eredmények megfelelő értékelését, ha csak számítógép használatával történne a statisztika oktatása?

☐ egyáltalán nem segítené (1)
☐ 30% - ban segítené (2)
☐ 50% - ban segítené (3)
☐ 70% - ban segítené (4)
☐ 100% - ban segítené (5)

16. Mennyivel tartaná hatékonyabbnak tanulását, megalapozottabbnak tudását, ha a statisztika tárgyat szakmai példák alkalmazásán keresztül tanítaná az előadó?

☐ egyáltalán nem (1) ☐ alig (2) ☐ fele részben (3)
☐ nagyrészt (4) ☐ teljesen (5)

17. Mennyivel tartaná hatékonyabbnak tanulását, megalapozottabbnak tudását, ha a statisztika tárgyat szakmai példákat tartalmazó egyetemi tankönyv vagy jegyzet segítené?

☐ egyáltalán nem (1) ☐ alig (2) ☐ fele részben (3)
☐ nagyrészt (4) ☐ teljesen (5)

||| melléklet: Szöveges értékelések

2006-ban a kérdőívek kitöltése alkalmával szöveges értékelést is kértem, – nem kötelező jelleggel. Ezekből következzen itt néhány.

1. hallgató

Az előző félévben hallott anyag biztosabb tudás lett volna, ha nem csak „száraz tényeken” alapul, hanem számítógép használat mellett látom, hogy ez azt jelenti. A számítógépes oktatás nekem nagyon tetszett és -- úgy érzem – megértettem olyan részeket a tananyagból, ami eddig nem volt érthető. Szerintem gyakorlatot és az előadást két külön félévben tanulni, nehézkessé teszi a tananyag megérését. Azonos félévben tanulva lehet, hogy jobb lenne. A számítógépes gyakorlat és az előadás könnyebb megértését szolgálná egy könyv. Ebben a tankönyvben a gyakorlat EXCEL-es feladatainak feltétlenül helyet kellene biztosítani. (Akár helyenkénti EXCEL használatos részekkel együtt)!

2. hallgató

A gyakorlat alapvető hasznának a szakmai problémák statisztikai kiértékelését látom. Ezáltal látásmódunkat, gondolkodásmódunkat a tárggyal és a szakmával kapcsolatban átértékeli, segít mélyebben megismerni. Külön értékének tekintem, hogy a statisztika elmélet fogalmait is a hallgatóság számára szemléletessé, kézzel foghatóvá teszi. Úgy gondolom ez az oktatókat is dicséri. Pozitív irányba befolyásolná a tantárgy hatékonyabb megértése érdekében, ha az elméleti képzés a gyakorlattal tematikusan haladna. De nem győzőm hangsúlyozni a számítógépes oktatás hasznosságát a jobb megértés érdekében.

3. hallgató

A számítógépes adatfeldolgozás szerintem nagymértékben megkönnyítheti a szakmai problémák megoldását és esetleg olyan problémákét, amit vagy nem, vagy nehezen oldottak meg, vagy amivel eddig nem foglalkoztak. (Megjegyzés: a szakmát két éve ismerem, tehát még nem elég széles a látóköröm ebben a témában nyilvánvalóan.) Az órára, úgy gondolom ilyen formában nagy szükség van. Szükséges, hogy szakmai példákkal, az életből vett példákkal foglalkozzunk.

4. hallgató

Bár a 3 óra fárasztó, kisebb óraszámban nehezen tudom elképzelni ezt a tárgyat. Szerintem kevesebb időt kellene szánni az alapstatisztikákra (pl. átlag, szórás) és többet a különböző próbákra, mert ez az, amit előadáson nem igazán lehet megérteni. Az első órán az EXCEL alapfunkcióit végig lehetne venni, ami bár unalmas, de később gyorsabban lehetne haladni. Jónak tartom, hogy az egyes statisztikában felmerült kérdések szakmai példákon keresztül kézzelfoghatóvá válnak (pl: mit jelent az a valóságban, ha két minta azonos eloszlású).

5. hallgató

A statisztika számítógépen való oktatása azért is jobb megoldás, mert a hallgatók egyéni hibái az anyagban levő sötétebb foltok, nemcsak a félévi vizsgán derül ki hanem a tanév során is és ez helyileg menetközben orvosolható. Az órákon történő állandó odafigyelést igénylő EXCEL feladatok nem hagyják a hallgató figyelmét, gondolatait úgy elkalandozni, mint azt a hagyományos előadás alkalmával tapasztaltam. Az órák pörgősek voltak, viszont az oktató odafigyelt, hogy a lemaradt hallgatók hamar beérjék társaikat. Én az előadás tempóját jónak tartom. A feladatok szakmai szempontból való hasznosságát, majd a valós életben fogjuk megbecsülni, igazándiból tapasztalni, mikor már mi is gyakorló geológusok leszünk.

6. hallgató

A legnagyobb probléma a mi esetünkben, hogy nem egy félévben hallgatjuk ezt a tárgyat a statisztikával. Amennyiben az elkövetkezendőkben ez megoldható lesz, az minden valószínűség szerint nagyban fogja segíteni a feladatok megértését. A példák nagyon jók, így az igazi egy tantárgyat tanulni, hogy nemcsak

a tankönyv fiktív, steril példáit boncolgathatja az ember, hanem hogy végre szembe kerül valami „életszagúval”. Sajnos a rendelkezésre álló idő elég szűkös, tehát néha nem tudjuk a lehető legrészletesebben áttekinteni a feladatokat, így én a gyakorlatok óraszámát bővíteném, bár kellő számú párhuzamosan futó előadás esetén lehet, hogy mégis elegendő lenne a jelenlegi óraszám.

7. hallgató

A tárgy tanulásához „A táblázatkezelés geológusoknak” c. kurzust kötelezővé kellene tenni, de úgy, hogy az előtte való harmadik félévben legyen, hogy gyorsabban lehessen haladni. Kifejezetten jó, hogy az órán szereplő feladatok és adatsorok igaziak, az életből szedett példákon alapszanak. A tárgy sokat segít a szakmai fejlődésben. A geológia több területéről kellene gyűjteni az adatokat, feladatokat.

8. hallgató

Én meg vagyok elégedve a statisztika oktatásával. Az elméleti statisztika előadáson kicsit gyors volt a tempó, de a gyakorlaton már megfelelő. Biztos vagyok benn, hogy mindenki, aki a szakmájában szeretne dolgozni és továbbtanulni, jó hasznát veszi ennek az órának.

9. hallgató

Véleményem szerint az lenne a leghatékonyabb, ha az adott előadás után közvetlenül lenne egy számítógépes gyakorlat az épp tárgyalt témából. Lehet, hogy jobb lenne, ha a szakmai példákat teljes egészében és több ideig tárgyalnánk, hogy teljesebb képet kapjunk róla. (Persze ez már nem feltétlen a statisztikához kapcsolódik, de a megértést talán elősegítené.)

10. hallgató

A statisztika számítógépen való oktatását, rendkívül hatékonynak tartom, mivel a későbbiekben nagymértékben szükségünk lesz mind az EXCEL, mind a statisztika alapos ismeretére. Továbbá az adatokat számítógépen dolgozzák fel, így szükségesnek tartom e módszer elsajátítását. A heti óraszám szerint lehetne egy kicsit több. Én a 2+3 óraszámot tartanám ideálisnak.

PROGRAMCSOMÁGGAL TÁMOGATOTT STATISZTIKA OKTATÁSA GEOLÓGUS HALLGATÓK PÉLDÁJÁN

Értekezés a doktori (Ph.D.) fokozat megszerzése érdekében
a matematika didaktika tudományágban

Írta: Kovácsné Székely Ilona, okleveles matematikus
Készült a Debreceni Egyetem Matematika- és Számítástudományok
doktori iskolája (Matematika didaktika programja) keretében

Témavezető: Dr. Arató Miklós

A doktori szigorlati bizottság:

elnök:	Dr. Pap Gyula.....	.....
tagok:	Dr. Kántor Sándorné .....	.....
	Dr. Zempléni András .....	.....

A doktori szigorlat időpontja: 2007.február 7.

Az értekezés bírálói:

Dr. ....	.....
Dr. ....	.....

A bírálóbizottság:

elnök:	Dr. ....	.....
tagok:	Dr. ....	.....
	Dr. ....	.....
	Dr. ....	.....
	Dr. ....	.....

Az értekezés védésének időpontja: 2007.