

MŰHELY



Kérjük, hogy a MŰHELY című módszertani rovatba szánt írásait közvetlenül a szerkesztőhöz küldjék lehetőleg e-mail mellékletként vagy postán a következő címre: Dr. Tóth Zoltán, Debreceni Egyetem Kémia Szakmódszertan, 4010 Debrecen, Pf. 66. E-mail: o319tz@tigris.unideb.hu (az első karakter o-betű, nem pedig 0!), Telefon: 06 30 313 9753.

Tóth Zoltán, Kiss Edina és Búzásné Nagy Gabriella

Egy térszemlélet mérésére alkalmas teszt hazai adaptációja*

Bevezetés

A kémia oktatása során az anyagok tulajdonságait és átalakulásait három szinten tárgyaljuk, értelmezzük (Tóth, 2000, 2002a, 2002b):

- (1) az érzékelhető valóság szintjén (makroszinten);
- (2) a szemmel nem látható, az anyagot felépítő részecskék (atomok, molekulák, ionok) szintjén (szubmikroszinten);
- (3) és a kémia jellemző szimbólumrendszerének (vegyjelek, képletek, reakcióegyenletek, kémiai mennyiségek) felhasználásával (szimbólumszinten).

Mivel a makro- és a szubmikroszintű értelmezés különbözik egymástól, ez a háromszintű tárgyalásmód sok problémát okoz a kémia tanítá-

* A *Magyar Pedagógia* című folyóiratban (103. évfolyam, 4. szám, 2003) megjelent Tóth Z., Kiss E. és H.-D. Barke: „Egy kémiatanításban használható térszemléleti teszt hazai adaptációja” című tanulmány rövidített változata.

sában és tanulásában (Brosnan, 1999; Tóth, 2002a, 2002b). Ugyancsak nehézséget okoz, ha azt a hibát követjük el, hogy a három szintet egyszerre akarjuk tanítani (Johnstone, 2000; Tóth, 2000, 2002a). A legnagyobb baj azonban - ahogy erre Gabel (1999) utal cikkében -, hogy a „modern” kémiaoktatás a makroszintű tulajdonságokat és jelenségeket főként a legelvontabb szinten, a szimbólumok szintjén igyekszik tárgyalni és értelmezni. Barke (1997) szerint a makroszintű tárgyalást a szubmikroszintű értelmezésnek kell követni, és csak ezután térhetünk át a szimbólumok szintjére. Szerinte a különböző szerkezeti modellek, mint közvetítők szerepelnek a makroszint és a szimbólumszint között (1. táblázat).

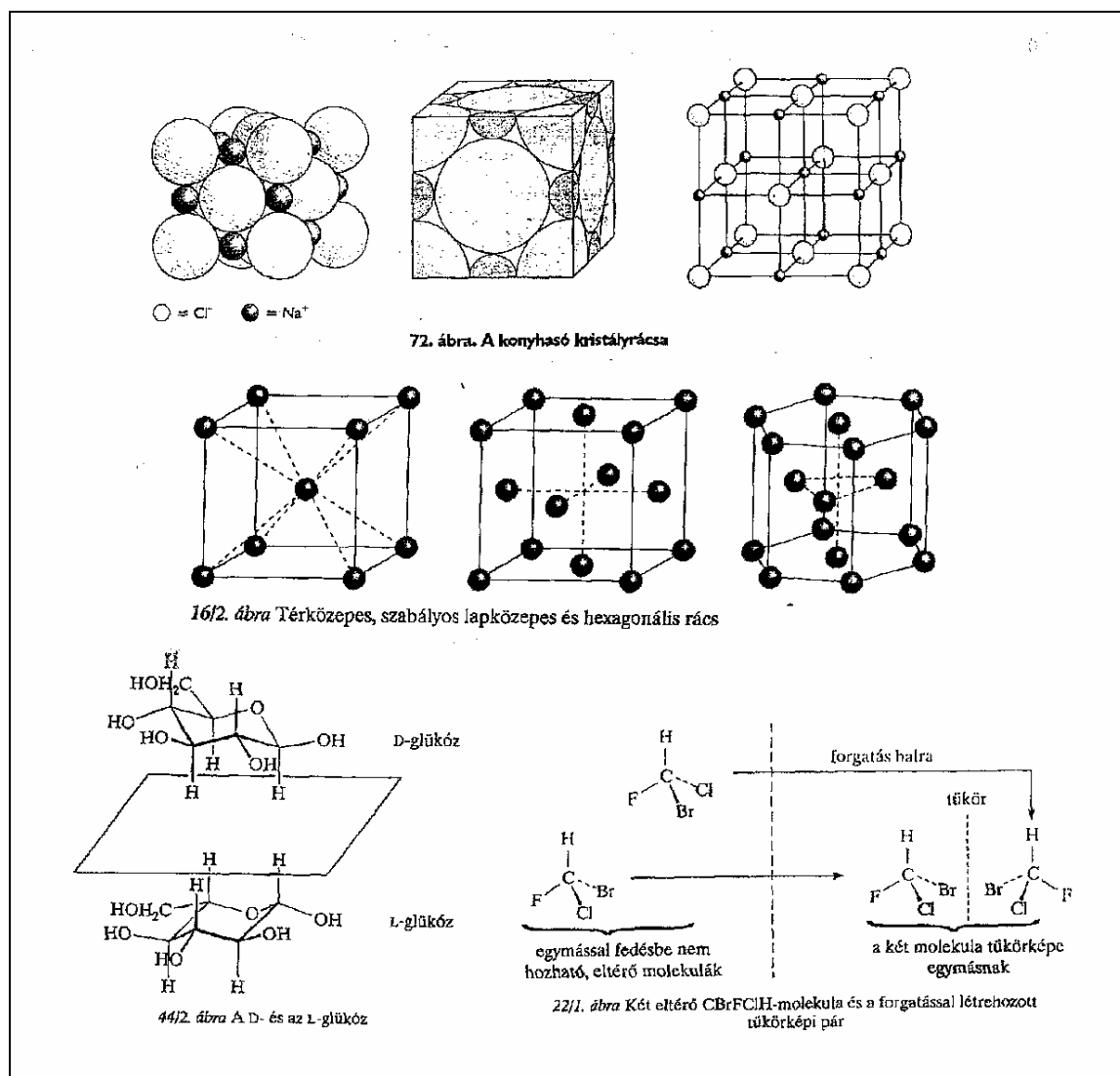
1. táblázat: A szerkezeti modellek, mint közvetítők a makroszint és a szimbólumszint között (Barke, 1997. 379. o.)

MAKROSZINT	Az anyag és tulajdonságai	Az anyag átalakulásai
↓	↓	↓
SZUBMIKROSZINT Szerkezeti modellek	Az anyag szerkezeti modellje, a szerkezet legkisebb egységei	Az anyag szerkezeti modellje az átalakulás előtt és után
↓	↓	↓
SZIMBÓLUMSZINT Kémiai szimbólumok	A legkisebb szerkezeti egység szimbóluma, a kémiai képlet	Szerkezeti képlettel, majd kémiai képlettel felírt reakcióegyenlet

A kémiában leggyakrabban használt szerkezeti modellek a kristályrács-modellek és a molekulamodellek (Mojzes, 1984). Ezek rajzaival és fényképeivel gyakran találkozhatunk a kémiatankönyvekben. (Egy ilyen összeállítás látható az 1. ábrán.)

A közismereti kémia tanítása általában 12-16 éves kor között történik. A térbeli modellek és különösen síkbeli reprezentációjuk helyes értelmezése megfelelő szintű térszemléletet igényel a tanulóktól. Irodalmi adatok (Kárpáti, 2002, 2003; Séra, Kárpáti és Gulyás, 2002) bizonyítják,

hogy ebben a korban még fejleszthető a tanulók térszemlélete. A kémia eredményes tanulásához szükséges térszemléletet, a térbeli alakzatok két-dimenziós reprezentációjának helyes értelmezését elsősorban gondosan megtervezett modellezési feladatokkal fejleszthetjük. Ezt támasztják alá *Kárpáti Andrea* és munkatársai vizsgálatai is, akik azt találták, hogy „a leghatásosabb fejlesztő eljárások mindegyike valós térben végzett művelet: plasztika, modellezés, tárgyalás” (*Kárpáti, 2003. 103. o.*).



1. ábra. Néhány példa a kémia tankönyvekben található szerkezeti modellekre

Eredményt csak a következő lépésekből álló modellezési gyakorlatoktól remélhetünk:

1. modellépítés leírás alapján;

2. ábrarajzolás modell alapján;
3. modellépítés ábra alapján;
4. ábrarajzolás ábra alapján (Mojzes, 1984).

Ilyen jellegű és célzatú modellezési feladatok a magyar kémiaoktatásban ismertek (Soltész, 1988-2003). Ezek elsősorban szerves vegyületek (cukrok, ciklikus szénhidrogének) molekulamodelljeire épülnek. Bár a modellezési gyakorlatok során gyakran számoltak be a – többnyire egyetemista korosztályhoz tartozó – résztvevők eredményességének lényeges javulásáról (Kiss és Németh, 2002; Kiss és Soltész, 2000; Németh és Soltész, 2002; Németh, Kiss és Soltész, 2002; Soltész, 2003; Soltész és Kiss, 2000), megfelelő mérőeszköz híján ez nem bizonyítja a térszemlélet fejlődését. Így legfeljebb a hasonló típusú modellezési feladatok megoldásában való jártasság minősíthető.

A kémia eredményes tanulásához tehát megfelelően fejlett térszemlélet szükséges. Ennek szintjét, illetve a fejlesztési gyakorlatok eredményességét csak alkalmas mérőeszköz birtokában ellenőrizhetjük. *Munkánk célja egy olyan térszemléleti teszt kiválasztása volt, amely alkalmas a kémia tanulásához szükséges térszemlélet mérésére.*

A térszemlélet fogalmáról, összetevőiről és mérésének lehetőségeiről részletes magyar nyelvű tanulmányok (Kárpáti, 2002, 2003; Séra, Kárpáti és Gulyás, 2002) állnak rendelkezésünkre, ezért itt csak a számunkra legfontosabb ismereteket foglaljuk össze.

Térszemléleten vagy más néven téri képességen „két- és háromdimenziós alakzatok észlelésének és az észlelt információk, tárgyak és viszonylatok megértésének és problémák megoldására való felhasználásának képességét értjük” (Séra, Kárpáti és Gulyás, 2002. 19. o.). Az első térszemléletet mérő papír-ceruza tesztet 1915-ben publikálták, és azóta számos tesztet fejlesztettek ki a térszemlélet különböző komponenseinek mérésére (lásd pl. Séra, Kárpáti és Gulyás, 2002. 29-30. o.). Ezek között találunk mind téri orientációt (kocka összehasonlítás, kártyaforgatás), mind vizualizációt (forma összeillesztés, papírhajtogatás, felületkialakítás) mérő teszteket.

Magyarországon Kárpáti Andrea, Gulyás János és Séra László dolgoztak ki térszemléletet mérő teszteket az elmúlt tíz évben (Kárpáti, 2002, 2003; Séra, Kárpáti és Gulyás, 2002). A tesztfeladatok elkészítésekor a térszemlélet két képességfaktorát, a felismerést és a manipulációt feltételezték (Kárpáti, 2002. 103. o.). A tesztek elsősorban az alap- és középfokú rajzpedagógiai témakörökhöz és a geometriai tananyaghoz kapcsolódó

feladatokat tartalmaztak (Kárpáti, 2003. 101. o.). A bemért feladatokból álló feladatbankot két korcsoport, hetedik osztályosok és tizenegyedik osztályosok számára állították össze.

Szintén az elmúlt évtizedben jelent meg a nemzetközi kémiadidaktikai szakirodalomban egy kémiai tartalmú feladatokat is tartalmazó, *Hans-Dieter Barke* nevéhez fűződő térszemléleti teszt (továbbiakban *Barke-féle teszt*) (*Barke és Kuhrke*, 1992). Ennek a tesztnek az itemjei elsősorban a képzeleti munkát, a manipulációt mérik, melynek kitüntetett szerepe van a kémiában használatos térszerkezeti modellekkel való műveletekben. A *Kárpáti Andrea* és munkatársai által kidolgozott tesztekkel ellentétben *Barke* ugyanazokat a feladatokat használta különböző korosztályokhoz (7-12. évfolyamokhoz) tartozó tanulók térszemléletének mérésére. A kémiai tartalom, a különböző korú tanulókra alkalmazható itemek, valamint a főleg manipulációs képességet (más térszemléleti modellek terminológiájában: a vizualizációt) mérő feladatok miatt úgy döntöttünk, hogy idehaza is kipróbáljuk ezt a tesztet. Alkalmazása ráadásul lehetőséget nyújt eredményeink más, külföldi mérések eredményeivel való összevetésére is.

Mivel a tesztnek csak angol nyelvű változata állt rendelkezésünkre, ezért először lefordítottuk magyarra, majd próbamérések során ellenőriztük a teszt használhatóságát különböző korú magyar tanulók körében.

Közleményünk első részében

- (1) összefoglaljuk a nemzetközi szakirodalomban a teszt felhasználásával kapcsolatos eredményeket;
- (2) és ismertetjük a teszt hazai adaptációjával kapcsolatos tapasztalatainkat.

Közleményünk második részében közzé tesszük az átdolgozott *Barke-féle tesztet* válaszlappal és megoldó kulccsal.

A *Barke-féle térszemléleti teszt* felhasználásával kapcsolatos irodalmi adatok

Az irodalmi eredmények összefoglalása előtt szükséges megjegyeznünk, hogy a most következő vizsgálatokban a minta kiválasztása általában egy-egy iskolára, sokszor néhány osztályra korlátozódott, tehát egyáltalán nem tekinthető reprezentatívnak.

A térszemlélet és az életkor kapcsolata

A térszemlélet és az életkor kapcsolatának vizsgálatát célozták azok a kutatások, amelyek során párhuzamosan vizsgálták hetedik ($N =$

125 fő), nyolcadik ($N = 71$ fő) és kilencedik osztályos ($N = 59$ fő) német diákok térszemléletét és IQ-ját (Barke, 1978, 1993). A kapott eredmények szerint az egyes évfolyamok térszemléleti teszten elért átlageredményei (27,3%, 30,0%, illetve 36,9%) egyre nőttek. Különösen nagy fejlődés volt megfigyelhető a nyolcadik és a kilencedik évfolyam között. A lányok teljesítménye valamennyi évfolyamon a fiúké alatt maradt. A térszemléleti teszten elért eredmény és az IQ között csak nyolcadik és kilencedik osztályban volt szignifikáns korreláció, és ez a fiúk esetén erősebbnek bizonyult, mint a lányoknál.

Egy későbbi, 7-12. osztályos német ($N = 762$ fő) és etióp tanulókkal ($N = 743$ fő) végzett vizsgálat is megerősítette, hogy a két eltérő kultúrában, különböző iskolatípusokban különböző mértékben ugyan, de a tanulók térszemlélete egyértelmű fejlődést mutatott az életkorral (Barke és Engida, 2001).

Ezek az eredmények az jelzik, hogy **hetedik osztályban a tanulók többségétől még nem várható el, hogy tankönyvi ábrák alapján helyes képet alkosson különböző térbeli szerkezetekről.** Nyolcadik és kilencedik osztályban a térszemlélet az intelligenciával párhuzamosan fejlődik. **Mint hogy a tanulók többsége ebben az életkorban még a konkrét gondolkodási műveletek szintjén van, ezért az anyagi halmazok és a molekulák térszerkezetét modellezéssel, modellépítéssel célszerű tanítani.** Fokozatosan át lehet térni a térszerkezeti modellek kétdimenziós ábráinak alkalmazására, de csak úgy, ha az ábrák használatát megfelelő magyarázattal egészítjük ki.

A térszemlélet fejlesztése szerkezeti modellekkel

Nem vezettek egyértelmű eredményre azok a kutatások, amelyek arra a kérdésre keresték a választ, hogy vajon a térszerkezeti modellek használatával fejleszthető-e a tanulók térszemlélete.

Az egyik vizsgálatba nyolcadik osztályos német diákokat ($N = 71$ fő) vontak be. A diákokból három csoportot (egy-egy osztály) képeztek (Barke, 1982, 1983, 1993). A kísérleti csoport a számukra kidolgozott négyhónapos tanítási program elején és végén írta meg ugyanazt a térszemléleti tesztet. Az egyik kontrollcsoport térszemléletét a négyhónapos, hagyományos tanítási program előtt és után, a másik kontrollcsoportét pedig csak a négyhónapos, hagyományos tanítási program után mérték. A tanítási program valamennyi csoport esetén a kémiai képlet volt, azonban

a kísérleti csoport a kémiai képlet megállapításához minden esetben szerkezeti modelleket és 3D-sztereoképeket használt.

A kutatás a következő eredménnyel zárult: A tanulás során szerkezeti modelleket használó kísérleti csoport mindkét kontrollcsoportnál jobb teljesítményt ért el a térszemléleti tesztben. Az első kontrollcsoport teljesítménye szignifikánsan jobb volt, mint azé a kontrollcsoporté, amelyik nem írt tesztet a tanítási program elején. Ezek az eredmények azt bizonyítják, hogy a kísérleti csoport teljesítményének növekedése nemcsak annak következménye, hogy a tanulók már ismerték a tesztet, illetve a tudásuk gyarapodott, hanem a szerkezeti modellekkel való munka fejlesztette térszemléletüket is.

Ugyanakkor egy későbbi, tantárgyi tesztel, attitűdvizsgálattal és interjúval kibővített kutatás során egy három hónapos, szerkezeti modelleken alapuló tanítás növelte ugyan a kísérleti csoport (két osztály) tantárgyi tesztben elért eredményét, valamint a tanulók kémiával kapcsolatos attitűdjét, de érdemben nem fejlesztette a térszemléletet a kontrollcsoport-hoz (2 osztály) képest (*Barke és Wirbs*, 2002). Ezt a szerzők úgy magyarázzák, hogy egy három hónapos tanítási program nem elegendő a térlátás fejlesztéséhez.

A fiúk és a lányok térszemlélete, a lányok térszemléletének fejlesztése

Valamennyi, a *Barke*-féle térszemléleti tesztel végzett kutatás során azt találták, hogy a lányok térszemlélete nem éri el a hasonló korú fiúékét. A térszemlélet fejlesztési vizsgálatok pedig azt a meglepő eredményt hozták (*Barke*, 1982, 1983, 1993), hogy a szerkezeti modellekkel végzett manipuláció a lányok térszemléletét nem fejlesztette. Egy, az előzőhöz hasonló, de csak lányok részvételével megvalósított fejlesztési kísérlet eredménye azonban bizonyította, hogy modellezéssel a lányok térszemlélete is fejleszthető. A tanítás során ugyanis **figyelni kell arra, hogy az osztályban, kiscsoportokban megvalósított tanulói modellezések során a fiúk tevékenysége dominál, és általában nem hagyják, hogy a lányok is aktív részesei legyenek a modellekkel való munkálatoknak.**

A fiúk lányokénál fejlettebb térszemléletének különböző okai lehetnek. A két különböző kultúrában (Németországban és Etiópiában) végzett *Barke*-féle vizsgálat (*Barke és Engida*, 2001) a gyerekkori játékok különbözőségének jelentőségére hívja fel a figyelmet. Míg a német iskolások körében - iskolatípustól függetlenül -, valamint az elit számára elérhető etióp magániskolákban tanulók közül mindig a fiúk értek el jobb telje-

sítményt a lányokhoz képest, addig az állami iskolába járó, szegény etióp diákok körében nem volt kimutatható különbség a fiúk és a lányok térszemléletében. A szerzők szerint ennek az a magyarázata, hogy a nyugati típusú kultúrákban a gyerekeknek számos játéka van, és a fiúk és a lányok kedvenc játékaik jellegükben különböznek egymástól. A nyugati kultúrákhoz hasonló a helyzet a gazdag etióp családok gyermekeinél is: a szülők anyagi helyzetüknél fogva meg tudják venni azokat a játékokat gyerekeiknek, amelyek a nyugati kultúrában divatosak. Ezzel szemben a szegény családok gyermekei játék helyett a ház körüli teendőkben tevékenykednek, és ez nem teszi lehetővé, hogy a fiúk és a lányok térszemlélete egymástól eltérően fejlődjen.

Az iskolai oktatás hatása a térszemléletre

A Németországban és Etiópiában különböző iskolatípusban tanuló diákok körében végzett vizsgálat során kiderült, hogy a tanulók térszemlélete évfolyamról évfolyamra fejlődik, és valamennyi iskolatípus esetén megfigyelhető egy ugrásszerű fejlődés is (*Barke és Engida, 2001*). Ez az ugrás a német gimnazisták esetén a kilencedik és a tizedik, az egyéb német középiskolások és az elit iskolában tanuló etióp diákok esetén pedig a tizedik és a tizenegyedik évfolyamok között észlelhető. A tantervek elemzése azt mutatta, hogy ezeken az évfolyamokon (a kilencedik, illetve a tizedik évfolyamon) a matematika, a fizika és a kémia tananyaga különösen sok olyan részt tartalmaz, amely hozzájárulhat a térszemlélet fejlesztéséhez. (Ugyanakkor a szerzők megjegyzik, hogy ez egyelőre csak munkahipotézis, igazolása további vizsgálatokat igényel.)

Az eltérő kultúra hatása a térszemléletre

Az eddigiekben már szót ejtettünk annak a kutatásnak néhány eredményéről, amelynek során két különböző iskolatípusban tanuló 7-12. évfolyamos diákok térszemléletét hasonlították össze Németországban és Etiópiában a *Barke*-féle térszemléleti teszt segítségével (*Barke és Engida, 2001*). A vizsgálatok azt mutatják, hogy a két különböző kultúrában kapott eltérő térszemléleti mutatók elsődleges oka a két ország életszínvonalának nagymértékű különbözősége.

A Barke-féle térszemléleti teszt hazai adaptációjával kapcsolatos eredmények

A teszt angol nyelvű változatát 2003. nyarán fordítottuk le magyarra. A kémiai szempontból előzetesen lektorált változatot használtuk méréseinkhez, amelyeket két, egymástól korösszetételben különböző mintán végeztünk el.

A felmérés célja

A teszt kipróbálásának, a két mintán elvégzett felmérésnek a következő céljai voltak:

- (1) Az alapvető tesztparaméterek meghatározása, összevetése más térszemléleti tesztek paramétereivel, illetve más mintákon kapott paraméterekkel.
- (2) A térszemlélet fejlettségét befolyásoló legfontosabb tényezők (pl. kor, nem) vizsgálata, illetve összevetése korábbi tapasztalatokkal.
- (3) A térszemléleti feladatok megoldása során alkalmazott stratégiák és háttértudás felderítése.

A tesztfelvétel körülményei

A tesztet két mintán próbáltuk ki. Az *1. minta* a Debreceni Egyetem Természettudományi Karának kémia- és nem kémia szakos hallgatóiból, összesen 81 főből állt. A mérést 2003. őszén végeztük. A *2. minta* a Sárospataki Református Kollégium Gimnáziumának 7-12. osztályos tanulóiból, összesen 228 diákból állt. A tesztfelvétel 2004. tavaszán történt. Háttérváltozóként a felmérésben résztvevők korát, nemét, szakját/osztályát, a középiskolások esetén a félévi matematika és kémia osztályzatát rögzítettük. A minták összetételét a *2. táblázat* tartalmazza.

A tesztfelvétel időtartamát és módját közleményünk második részében mutatjuk be a térszemléleti teszt szerkezetével, a feladatokkal, és a válaszlehetőségekkel együtt.

2. táblázat. A térszemléleti teszt hazai kipróbálásában résztvevők

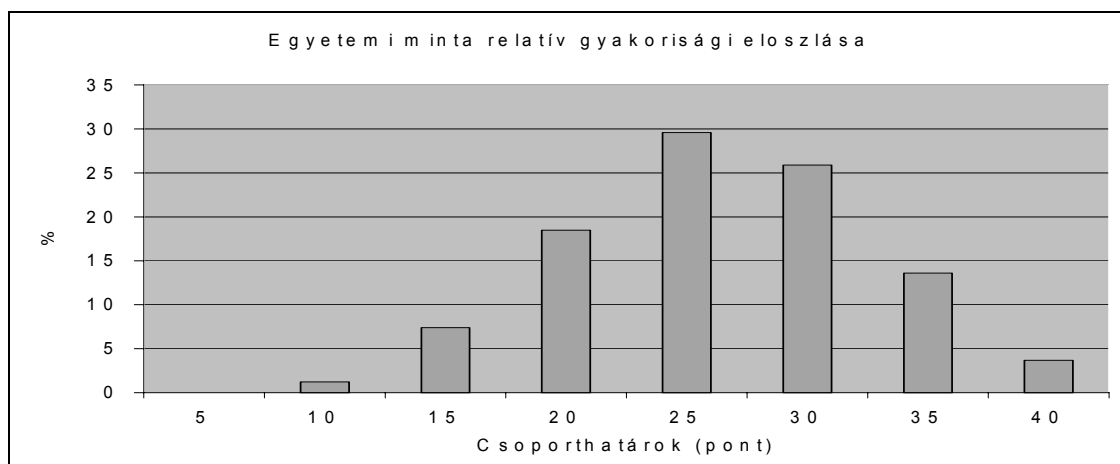
	Férfi	Nő	Összesen
Az 1. minta összetétele			
Egyetemi hallgatók (TTK-s, nem kémia szakos)	21	39	60
Egyetemi hallgatók (kémia szakos)	5	16	21
1. minta összesen	26	55	81
A 2. minta összetétele			
7. osztályos gimnáziumi tanulók	9	14	23
8. osztályos gimnáziumi tanulók	13	8	21
9. osztályos gimnáziumi tanulók	15	15	30
10. osztályos gimnáziumi tanulók	21	39	60
11. osztályos gimnáziumi tanulók	21	28	49
12. osztályos gimnáziumi tanulók	16	29	45
2. minta összesen	95	133	228

Fontosabb tesztmutatók

Az eredmények statisztikai elemzését az SPSS programrendszerrel végeztük el. (A továbbiakban *bármely konkrét feladat*, melyre hivatkozunk, *a következő számban* tekinthető meg a közzétett, javított teszt feladatai között.)

Az egyes résztesztek (*Pearson-féle*) korrelációs együtthatói 0,605 és 0,837 közöttiek. A teszt megbízhatóságára jellemző reliabilitási együttható (*Cronbach- α*) 0,838. Figyelembe véve, hogy a vizuális-téri képességek mérésére szolgáló ismertebb tesztek reliabilitási együtthatója 0,75 és 0,92 között változott (*Séra, Kárpáti és Gulyás, 2002. 30. o.*), valamint a *Kárpáti Andrea* és munkatársai által kifejlesztett mérőeszköz *Cronbach- α* értéke is 0,7169-0,9268 közöttinek adódott (*Kárpáti, 2002. 108. o.*), az általunk kapott eredmény elfogadhatónak mondható.

A 40 item közül tíz (1. minta), illetve négy (2. minta) feladat teljes tesztrel való korrelációjának szignifikancia szintje meghaladta az 1%-ot. Ennek oka az volt, hogy a feladat vagy nagyon könnyűnek (megoldási sikeresség > 90%), vagy nagyon nehéznek (megoldási sikeresség < 27%) bizonyult. (Nagyon könnyű volt például az 5.3., nagyon nehéz volt az 1.5., az 1.6. és a 2.7.) Ezek az itemek tehát azért „rosszak”, mert nem differenciálnak eléggé.



2. ábra. A Barke-féle térszemléleti teszten kapott eredmények eloszlása az 1. minta esetén ($N = 81$)

A 2. és a 3. ábrán látható a felmérés eredményeként kapott két hisztogram. A két eloszlási függvény (különösen a 2. mintáé) kissé aszimmetrikus.



2. ábra. A Barke-féle térszemléleti teszten kapott eredmények eloszlása a 2. minta esetén ($N = 228$)

Amint az a 3. táblázatból kitűnik, legnehezebbnek a „Gömbrendezés”, legkönnyebbnek a „Számolás elemi cellából” és a „Gömbretek egymásra helyezése” című feladatcsoport bizonyult mindkét minta esetén.

Úgy tűnik, hogy a vizsgálatba bevont egyetemi hallgatóknak és középiskolás diákoknak nem okozott nehézséget az utolsó két részteszt kémiai jellege.

3. táblázat. A térszemléleti teszten és résztesztjein kapott eredmények főbb mutatói

	<i>Átlagpont (%) ± Szórás</i>	
Részteszt	<i>1. minta (N = 81)</i>	<i>2. minta (N = 228)</i>
1. Kockarendezés	4,56 (57,0%) ± 1,62	4,60 (57,5%) ± 1,57
2. Gömbrendezés	3,82 (47,8%) ± 1,56	3,89 (48,6%) ± 1,54
3. Gömbrétegek egymásra helyezése	5,21 (65,1%) ± 2,23	5,21 (65,1%) ± 2,12
4. Számolás elemi cellából	5,68 (71,0%) ± 1,77	5,02 (62,8%) ± 2,01
5. Modellek tükrözése és forgatása	4,96 (62,0%) ± 1,86	4,67 (58,4%) ± 1,66
TELJES TESZT	24,2 (60,5%) ± 6,35	23,4 (58,5%) ± 6,43

A térszemlélet és az életkor kapcsolata

A gimnazisták (2. minta) esetén lehetőségünk volt annak vizsgálatára is, hogy milyen kapcsolatban van a Barke-féle térszemléleti teszten elért eredmény az életkorral (pontosabban a tanuló évfolyamával), és mennyire megbízható a teszt a különböző korosztályok esetén, azaz valóban alkalmazható-e ugyanaz a teszt például a hetedikesek és a tizenkettedikesek térszemléletének mérésére.

A kapott adatokból kiderül, hogy a teszten elért teljesítmény nő az életkorral. A két változó közötti kapcsolatra 0,403-as korrelációs együtthatót kaptunk $p < 0,01$ szignifikancia szinten, ami szoros korrelációra utal. Ez összhangban van azzal a szakirodalmi adattal, amely szerint a térszemlélet 12-16 éves korban még fejlődik és fejleszthető (Barke, 1978, 1993; Barke és Engida, 2001; Kárpáti, 2002).

A Barke-féle térszemléleti teszt megbízhatósága és az életkor között is szoros kapcsolat van: Legkevésbé megbízható a teszt a hetedikeseknél, leginkább megbízható a tizenkettedikesek esetén. A térszemléleti teszt megbízhatóságának életkorral való hasonló változását Kárpáti Andrea és munkatársai (Kárpáti, 2002) is megfigyelték, annak ellenére, hogy ők különböző tesztekkel használták a hetedik és a tizenegyedik évfolyam

vizsgálatára. Feltételezésük szerint az általános iskolában használt tesztek gyengébb megbízhatósága annak tulajdonítható, hogy „ebben az életkorban a térszemlélet kevésbé koherens képesség” (Kárpáti, 2002. 108. o.). A Barke-féle térszemléleti teszt esetében lehetséges okként merülhet fel az is, hogy – mivel a teszt két kémiai jellegű résztesztet (a 4-5. résztesztek) is tartalmaz – az általános iskolások esetén e résztesztek megértéséhez és megoldásához szükséges kémiai háttérismeret hiánya okozza a gyengébb megbízhatóságot. Ennek ellenőrzésére kiszámoltuk a kémiai (4-5. résztesztek) és a nem kémiai jellegű (1-3. résztesztek) itemek eredményességének arányát. Az 4. táblázat negyedik oszlopában feltüntetett arányszámok és a tanulók életkora között azonban nincs korreláció, tehát feltehetően nem a két utolsó részteszt kémiai jellege a felelős a teszt gyengébb megbízhatóságáért. Ugyanakkor a hetedikesek esetén mért 0,71-os reliabilitási együttható még elfogadható, és azt bizonyítja, hogy a Barke-féle teszt valóban alkalmas az általános iskolások térszemléletének mérésére is.

4. táblázat. A teszten elért teljesítmény és a teszt reliabilitási tényezőjének változása különböző évfolyamhoz tartozó részminták esetén

Évfolyam	Átlag (%)	Cronbach- α	A kémiai (4-5) és a nem kémiai (1-3) résztesztek eredményességének aránya
7.	41,8	0,7105	1,12
8.	60,0	0,7449	1,07
9.	52,8	0,7208	1,12
10.	56,1	0,7669	1,00
11.	65,8	0,8344	1,08
12.	66,0	0,8629	1,07

A nemek közötti különbség

Számos irodalmi adat – többek között Kárpáti Andrea és munkatársai (Kárpáti, 2002; Séra, Kárpáti és Gulyás, 200), valamint Barke (Barke, 1982, 1983, 1993; Barke és Engida, 2001) korábban már többször idézett munkája – bizonyítja, hogy a férfiak jobban teljesítenek a térszemléleti teszteken (különösen a manipulációs képességet mérő feladatokban), mint a nők. Az általunk vizsgált mindkét mintában szignifikáns különbség volt a férfiak javára. Ugyanakkor a részminták elemzése során csak a nem

kémia szakos egyetemi hallgatók és a 11. osztályos gimnáziumi tanulók esetén bizonyultak a fiúk szignifikánsan jobbnak, mint a lányok.

A gimnáziumi tanulók esetén kapott adatok elemzése további fontos eredményt szolgáltatott: a 12-18 éves fiúk térszemlélete nagyobb mértékben fejlődik az életkorral (korrelációs együttható: 0,581; $p < 0,01$), mint az ugyanilyen korosztályba tartozó lányoké (korrelációs együttható: 0,328; $p < 0,01$). Hasonló következtetésre jutottak *Kárpáti Andrea* és munkatársai is. Ők a hetedikben még nem, tizenegyedikben viszont jól mérhető különbség okaként feltételezik, hogy „a fiúk valamilyen, a térszemlélettel összefüggő tevékenységet többet vagy hatásosabban végeznek, mint a lányok” (*Kárpáti*, 2002, 112. o.). Hipotézisük szerint ez a tevékenység a számítógépes játék. Megjegyezzük, hogy ennek a hipotézisnek ellentmond azonban a számítógépes játék és a térszemléleti teszt átlaga közötti $-0,02$ -os korrelációs együttható (*Séra, Kárpáti és Gulyás*, 2002. 124. o.).

A matematikai és a kémiai ismeretek hatása a térszemléletre

A matematikai teljesítmények és a térbeli képességek kapcsolata komplex és ellentmondásos annak ellenére, hogy nagyon sokan tanulmányozták (*Séra, Kárpáti és Gulyás*, 2002. 59. o.). *Kárpáti Andrea* és munkatársai az általuk kifejlesztett térszemléleti teszt eredménye és a matematika jegyek között közepes erősségű korrelációt (korrelációs együttható: 0,31) tapasztaltak (*Séra, Kárpáti és Gulyás*, 2002. 124. o.).

Saját vizsgálataink szerint a gimnazisták 12 részmintája közül mindössze négy esetben találtunk szoros korrelációt a matematika jegyek és a teszteredmény között, ezek közül három esetben fiúkból álló részmintákról van szó.

Számunkra különösen fontos kérdés, hogy van-e korreláció a tanulók kémiai háttérismerete és a térszemléleti teszt eredménye között. A vizsgált 12 gimnazista részminta közül csak két esetben találtunk erős korrelációt a kémia jegyek és a teszteredmény között, az esetek felében a kapott korrelációs együttható kis negatív értéknek adódott. Ezek az eredmények tehát azt sugallják, hogy nincs szoros összefüggés a kémia jegyek és a térszemlélet között. Ez egyrészt azt jelenti, hogy **a kémia tantárgy – jelenleg – nem fejleszti a tanulók térszemléletét**, másrészt azt is jelenti, hogy **a kémiai ismeretek elsajátításának jegyekben kifejezett mértéke kevésbé függ a tanulók térszemléletétől**.

Ezeket a következtetéseket támasztja alá a kémia- és a nem kémia szakos egyetemi hallgatók térszemléleti teszten nyújtott teljesítményének

összevetése is. A 5. táblázat adataiból látható, hogy a nagyjából azonos korosztályhoz tartozó kémia- és nem kémia szakos egyetemi hallgatók közül az utóbbiak átlaga valamivel jobb ugyan a kémia szakosokénál, a kétmintás t -próba szerint azonban a különbség nem szignifikáns.

5. táblázat. A kémia- és nem kémia szakos egyetemi hallgatók teljesítményének összehasonlítása

Az 1. minta részmintái	Átlag	Szórás
Egyetemi hallgatók (kémia szakos)	23,8	6,6
Egyetemi hallgatók (TTK-s, nem kémia szakos)	24,4	6,4

A válaszok tartalmi elemzése

A statisztikai elemzés mellett elvégeztük a válaszok tartalmi elemzését is. Ezt azért is tartottuk fontosnak, mert

- (1) a Barke-féle teszttel kapcsolatban megjelent eddigi írások nem taglalták ezt a kérdést;
- (2) csak így derülhet fény arra, hogy esetleg néhány feladat megfogalmazása nem egyértelmű, félreérthető; továbbá
- (3) szerettünk volna információt kapni arról, hogy a felmérésben résztvevők térszemlélete milyen tipikus téves vonásokat, hiányosságokat tartalmaz, és milyen stratégiákat alkalmaznak térszemléleti problémák megoldásában.

A tartalmi elemzés legfontosabb eredményei a következők:

(a) Az alakzatot felépítő elemek azonosítása számos esetben a (lát-ható) síkbeli ábrán történt, és nem annak elképzelt térbeli megfelelőjén. Így például az 1.5. számú feladatban kevesebben (21%, illetve 27%) jelölték meg a helyes választ, mint az ötödik válaszlehetőséget (35%, illetve 41%), amelyet akkor kapunk, ha az ábrán és nem az elképzelt alakzaton számoljuk meg azokat a kockákat, amelyeknek csak egy oldallapja látszik. Az 1.6. feladat esetén a helyes választ megjelölők részarányával (26%, illetve 27%) nagyjából azonos a második (25%, illetve 25%) és a harmadik (28%, illetve 23%) választ megjelölők aránya. Ebben az esetben a már említett hibás stratégia - az ábrán történő számolás - eredménye – öt olyan kocka látszik, amelynek két oldallapját látjuk – nem szerepel a válaszlehetőségek között, ezért az ilyen hibás eredményre jutott tanulók egy része a 4-et, másik része a 6-ot jelölte meg. Hasonló okokra vezethető vissza az

1.7. feladatra adott tipikusan hibás válasz: a tanulók 24%-a szerint 12 kocka nem látszik.

(b) A „*Modellek tükrözése, forgatása*” című résztesztben a legnagyobb problémát az jelentette, hogy sokan valószínűleg nem tudták, milyen irányt is jelent „az óramutató járásával megegyező irány”. Ezzel magyarázható, hogy például az 5.4. számú feladatban 19%, illetve 14% a „3” számot jelölte meg a többség (56%, illetve 52%) által helyesen megjelölt „4” szám helyett. Ugyancsak ez lehet az oka az 5.8. számú feladat sikertelenségének is. Ennél a feladatnál a helyes választ a tanulók 31%-a, illetve 25%-a találta el, és 36%, illetve 33% jelölte meg azt a hibás (ötödik) választ, amelyhez akkor jutunk, ha fordított irányban végezzük a forgatást.

(c) Elsősorban a „*Számolás elemi cellából*” feladatcsoport esetén tapasztaltuk, hogy a gyakran megjelölt hibás válasz annak következménye, hogy az elemi cellákból az elképzelt kristályrácsot nem a tér három irányában történő kiegészítéssel, hanem csak egy vagy két irányban való építkezéssel hozza létre a megoldók egy része. Ez például a 4.9. feladatnál azt eredményezte, hogy a tanulók 42%-a, illetve 41%-a kapott ebből adódó hibás eredményt (hatodik válasz) a helyes választ adó 48%, illetve 43% mellett.

Vizsgálataink alapján megállapítható, hogy a Barke-féle térszemléleti teszt alkalmas a térszemlélet mérésére, a térszemlélettel kapcsolatos megoldási stratégiák és típushibák feltárására. Ugyanakkor a teszt néhány ponton fejlesztésre szorult. A következő számban már a továbbfejlesztett változatot tekinthetik meg.

Összefoglalás

A kémia tanításában az anyag szerkezetének tárgyalása alapvető fontosságú. Ehhez nyújtanak segítséget a különböző szerkezeti modellek. A térbeli modellek síkbeli reprezentációjának helyes értelmezése azonban megfelelő szintű térszemléletet igényel. A térszemlélet szintjét, illetve fejlesztésének eredményességét csak alkalmas mérőeszköz birtokában ellenőrizhetjük. A nemzetközi kémiadidaktikai szakirodalomban már többször leírt és kipróbált *Barke*-féle térszemléleti teszt öt feladatcsoportban összesen 40 itemet tartalmaz, részben kockákkal és gömbökkel, részben kémiai vonatkozású szerkezeti modellekkel kapcsolatban. A tesztet korábban sikeresen használták a térszemlélet és a tanulók kora, IQ-ja, valamint neme közötti kapcsolat felderítésére; szerkezeti modellekkel történő kémiaoktatási programok térszemlélet-fejlesztésének mérésére; a tananyag és az eltérő kultúra térszemléletre gyakorolt hatásának vizsgálatára. Munkánk során elkészítettük a *Barke*-féle térszemléleti teszt magyar nyelvű változatát és méréseket végeztünk egy 81 fős egyetemi hallgatókból, és egy 228 fős gimnáziumi tanulókból álló mintán. A fontosabb tesztmutatók meghatározása alapján megállapítottuk, hogy a teszt alkalmas a térszemlélet mérésére. A statisztikai elemzés eredménye többnyire összhangban van korábbi hasonló felmérések eredményeivel. E szerint a férfiak térszemlélete fejlettebb a nőkéénél, a teszten elért eredmény és az életkor között 12-18 éves korban pozitív korreláció van, és ez a fiúk esetén kifejezettebb. Ugyanakkor nem találtunk pozitív korrelációt a kémia jegyek és a teszteredmény között, valamint nem találtunk szignifikáns különbséget a kémia és nem kémia szakos egyetemi hallgatók térszemléleti tesztben nyújtott teljesítményében. A válaszok részletes tartalmi elemzése rámutatott arra, hogy néhány item esetén pontosítani kell a feladat szövegét, illetve felszínre hozott néhány tipikus, térszemlélettel kapcsolatos hibát. Ilyen például, hogy az alakzatot felépítő egységek azonosítása nem az alakzat elképzelt térbeli képén, hanem a látható kétdimenziós rajzon történik; valamint az, hogy a tesztet írók egy része a kristályrácsot, mint térbeli alakzatot nem az építőegységek háromdimenziós kiegészítésével, hanem csak egy- vagy két dimenzióban történő mozgásával állítja elő. Figyelemre méltó, hogy a vizsgált minta jelentékeny hányada nincs tisztában azzal, hogy milyen irányt jelent az óramutató járásával megegyező irány. Az egyes itemek formai és tartalmi értékelése után javaslatot tettünk a teszt kisebb mértékű továbbfejlesztésére.

A szerzők köszönetüket fejezik ki Soltész György egyetemi adjunktusnak (Debreceni Egyetem, Kémiai Szakmódszertani Részleg) a térszemléleti teszttel kapcsolatos kritikai észrevételeiért.

A kutatást az OTKA (T-034288) támogatta.

Irodalom

- Barke, H.-D. (1978): *PhD thesis*. University of Hannover, Hannover.
- Barke, H.-D. (1982): Schülerversuche mit Strukturmodellen. *CU*, 13. 4-26.
- Barke, H.-D. (1983): Das Training des Raumvorstellungsvermögens durch die Arbeit mit Strukturmodellen. *MNU*, 36. 352-356.
- Barke, H.-D. (1993): Chemical education and spatial ability. *Journal of Chemical Education*, 70. 12. sz. 968-971.
- Barke, H.-D. (1997): The structure-oriented approach: Demonstrated by interdisciplinary teaching of spatial abilities. In: Graeber, W., Bolte, C. (szerk.): *Scientific Literacy*. IPN, Kiel. 377-390.
- Barke, H.-D. és Engida, T. (2001): Structural chemistry and spatial ability in different cultures. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 2. 3. sz. 227-239. (<http://www.uoi.gr/ceerp>)
- Barke, H.-D. és Kuhrke, R. (1992): *Einführung in die Chemie*. Lang, Frankfurt, New York.
- Barke, H.-D. és Wirbs, H. (2002): Structural units and chemical formulae. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 3. 2. sz. 185-200. (<http://www.uoi.gr/ceerp>)
- Brosnan, T. (1999): When is a chemical change not a chemical change? *Education in Chemistry*, 36, 2. sz. 56.
- Gabel, D. (1999): Improving teaching and learning through chemistry education research: A look to the future. *Journal of Chemical Education*, 76, 4. sz. 548-554.
- Johnstone, H. (2000): Teaching of chemistry – Logical or psychological?. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1. 1. sz. 9-17. (<http://www.uoi.gr/ceerp>)
- Kárpáti Andrea (2002): A vizuális műveltség. In: Csapó Benő (szerk.): *Az iskolai műveltség*. Osiris Kiadó, Budapest. 91-133.
- Kárpáti Andrea (2003): Mélni a mérhetetlent. Teljesítményértékelés a vizuális nevelésben. *Iskolakultúra*, 13, 8. sz. 95-106.
- Kiss Edina és Németh Ágnes Éva (2002): Gyűrűk jelölése a triciklodekánok perspektivikus ábraiban. Tanulói megoldások értékelése. In: Tóth Zoltán (szerk.): *Módszerek és eljárások*, 12., Debreceni Egyetem Kémia Szakmódszertani Részleg, Debrecen. 150-158.

Kiss Edina és Soltész György (2000): Gyűrűk megkeresése a triciklodekán-izomerek képleteiben. A tanulók megoldási algoritmusai. In: Tóth Zoltán (szerk.): *Módszerek és eljárások, 11.*, Debreceni Egyetem Kémia Szakmódszertani Részleg, Debrecen. 29-36.

Mojzes János (1984): *Módszerek és eljárások a kémia tanításában*. Tankönyvkiadó, Budapest.

Németh Ágnes Éva és Soltész György (2002): Triciklodekán pálcikamodellek azonosítása perspektivikus ábrák alapján. In: Tóth Zoltán (szerk.): *Módszerek és eljárások, 12.*, Debreceni Egyetem Kémia Szakmódszertani Részleg, Debrecen. 139-144.

Németh Ágnes Éva, Kiss Edina és Soltész György (2002): Triciklodekán izomerek térszerkezetének vizsgálata egyéni modellezéssel. In: Tóth Zoltán (szerk.): *Módszerek és eljárások, 12.*, Debreceni Egyetem Kémia Szakmódszertani Részleg, Debrecen. 145-149.

Séra László, Kárpáti Andrea és Gulyás János (2002): *A térszemlélet szerkezete, fejlődése és fejlesztése a közoktatásban*. Comenius Kiadó, Pécs.

Soltész György (1988-2003): Feladatok mindenkinek. Szerves kémiai feladatok. *Középiskolai Kémia Lapok*, 15-30, 1-2. és 4-5. sz.

Soltész György (2003): Térlátással kapcsolatos kémiai gyakorló feladatok. Triciklodekán vázmodellek azonosítása. In: Buda András és Holik Ildikó (szerk.): *III. Országos Neveléstudományi Konferencia. Program. Tartalmi összefoglalók*. MTA Pedagógiai Bizottság, Budapest. 65.

Soltész György és Kiss Edina (2000): Triciklodekán-izomerek szénvázának modellezése. A lehetséges izomerek megkeresése pálcikamodellel. In: Tóth Zoltán (szerk.): *Módszerek és eljárások, 11.*, Debreceni Egyetem Kémia Szakmódszertani Részleg, Debrecen. 22-28.

Tóth Zoltán (2000): „Bermuda-háromszögek” a kémiában. *Iskolakultúra*, 10, 10. sz. 71-76.

Tóth Zoltán (2002a): A kémiai fogalmak természete. *Iskolakultúra*, 12, 4. sz. 92-95.

Tóth Zoltán (2002b): A természettudományos fogalmak tanításának problémái. In: Katona András és mtsai (szerk.): *A tanári mesterség gyakorlata. Tanárképzés és tudomány*. Nemzeti Tankönyvkiadó – ELTE Tanárképző Főiskolai Kar, Budapest. 287-292.