

## A TANULÓK FOGALMI FEJLŐDÉSE ÉS FOGALMI VÁLTÁSA A KÉMIA TANÍTÁSI-TANULÁSI FOLYAMATÁBAN

### A kutatás célja:

- (1) az általános és középiskolai tanulók, valamint a kémia szakos egyetemi (főiskolai) hallgatók kémiai jellegű
  - (a) tudásszerkezetének feltárása,
  - (b) fogalmi fejlődésének és fogalmi váltásának vizsgálata; továbbá
- (2) az elért eredmények
  - (a) hazai és nemzetközi fórumokon történő publikálása,
  - (b) beépítése a kémiaszakos tanárképzésbe és tanártovábbképzésbe, továbbá
  - (c) a kutatásban résztvevő PhD-hallgatók doktori értekezésének benyújtása, megvédése volt.

### A kutatás módszerei, eszközei, körülményei:

A kutatást többnyire kérdőíves vizsgálatokkal, olykor szóbeli interjúval végeztük. Az eredményeket kvalitatív, kvantitatív és strukturális módszerekkel értékeltük. Az előbbi a válaszok tartalmi elemzését, az utóbbi a hagyományos statisztikai értékelést (leíró statisztika, hipotézisvizsgálat, különbözőségvizsgálat), a strukturális értékelés pedig a tudásszerkezetnek a tudástér-elmélet alapján történő felderítését jelenti. A statisztikai értékeléshez az EXCEL és az SPSS programokat használtuk.

A kutatásban részt vett Kiss Edina, Dobóné Tarai Éva, Ludányi Lajos, Sebestyén Annamária és Kluknavszky Ágnes PhD-hallgató, valamint néhány szakdolgozó tanárszakos hallgató is.

### A kutatás legfontosabb eredményei:

1. Magyarországon elsőként alkalmaztuk, és a nemzetközi gyakorlathoz képest tovább fejlesztettük a tanulócsoporthoz tudásszerkezetének vizsgálatára kidolgozott tudástér-elméletet. A tudástér-elmélet alapjait és felhasználási lehetőségeit 3 magyar nyelvű és 1 angol nyelvű konferencia-előadásban, valamint egy magyar nyelvű közleményben (3) ismertettük.
  - 1.1. Új eljárást dolgoztunk ki a tudástér-elmélet alapján megállapított tudásszerkezetben a tanulók többségére jellemző tanulási út – azaz az ismeretek, fogalmak rögzülésének lineáris sorrendje – meghatározására. Az új eljárás lényege, hogy a valamennyi tudásállapotot tartalmazó ún. empirikus tudásszerkezet alapján számoljuk ki az egyes tanulási utak gyakoriságát. Ez a módszer lényegesen egyszerűbb a szakirodalomban eddig használt eljárással szemben. Ezt az eljárást használtuk számos kutatásunkban, melyek eredményeit a (3, 8, 9, 13, 15, 16, 19, 20, 22) dolgozatokban publikáltuk.

- 1.2. Eljárást dolgoztunk ki a tudásszerkezethez legjobban illeszkedő hierarchikus modell megkeresésére. A tudásszerkezet ilyen jellegű leírására még a nemzetközi gyakorlatban sem volt eddig példa. Ilyen elemzési eljárást használtunk a (3, 4, 8, 10, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 25, 30, 31) dolgozatokban ismertetett kutatások során.
  - 1.3. Kidolgoztuk az ún. kritikus tudáselem fogalmát és meghatározásának módszerét. Kritikus tudáselemnek nevezzük a tudásszerkezet azon elemét, amelynek befogadásához szükséges előzetes tudással a tanulók többsége rendelkezik. A kritikus tudáselem meghatározását tartalmazzák a következő publikációink: (3, 13, 15, 19).
  - 1.4. A tudástér-elmélet formalizmusát alkalmaztuk olyan hierarchikus szerkezetet mutató bemenő adatokra is, amelyek nem a tudáselemek meglétét mérő feladatokból állnak. Ilyen jellegű elemzést tartalmaznak a (20, 22, 25, 30) tanulmányok.
  - 1.5. A tanulócsoportok tudásszerkezetének vizsgálatára kidolgoztuk a fenomenográfiával kombinált tudástér-elméletet. Ennek lényege, hogy a tudásszerkezet elemeit nem a szakértő előzetes elvárása, hanem a tanulócsoport válasza alapján hoztuk létre. Ezt a módszert használtuk a (17, 18, 22, 29) dolgozatokban leírt kutatások során.
2. Széles körű empirikus vizsgálatot végeztünk a 7-11. osztályos tanulóknak a kémia alapfogalmaival kapcsolatos tévképzeteinek feltárására és fogalmi fejlődésének tanulmányozására. Négy felmérőlapot készítettünk a következő témakörökben: Fizikai és kémiai változás; A mól fogalma; Atom, molekula és ion; Elem, vegyület és keverék. A felmérést az ország 17 különböző hat- és nyolcosztályos gimnáziumának 2954 tanulója írta meg. Az eredmények értékeléséből két doktori értekezés (20, 22) született.
    - 2.1. Megállapítottuk, hogy a tanulók a fizikai és kémiai változásokat elsősorban makroszinten fogalmazzák meg, és azt a részecskeszintű értelmezéssel nem tudják összekapcsolni. A tanulók tudásszerkezetében – a szakértői / tantervi sorrenddel ellentétben – a kémiai változás előrébb helyezkedik el, mint a fizikai változás, a fizikai változás részecskeszintű értelmezése pedig a kémiai változás részecskeszintű értelmezésére épül. A tanulócsoportok jellemző tudásszerkezete az oktatás előrehaladtával nem változik. A kémiai változás tanulói értelmezését öt különböző modellel írhatjuk le. A legjobban illeszkedő modell, mind a makroszintű, mind a részecskeszintű értelmezést tartalmazza, viszont azok között nincs kapcsolat, ami arra utal, hogy a tanulók többsége nem képes összefüggést találni a kétféle értelmezés között. Ha mégis, akkor a tudományos modellel ellentétben, a makroszintű értelmezésre építik a részecskeszintű megközelítést. A témában két hazai konferencián tartott előadás, két magyar nyelvű tanulmány (21) és egy angol nyelvű cikk (30) született.
    - 2.2. A különböző szinten (makro-, részecske- és szimbólumszinten) leírt fizikai és kémiai változások, valamint oldási folyamatok azonosítása során a tanulók a

kémiai változások, illetve a makroszinten leírt folyamatok felismerésében voltak a legsikeresebbek. Legkritikusabb az oldási folyamatok azonosítása volt. A tanulók többsége az oldást kémiai változásnak tekintette, ami összhangban van azzal, hogy a folyamatok megítélésénél a makroszintű jellemzőket tartják fontosnak. Nyolcadik évfolyamtól kezdve általánosnak mondható, hogy a tanulók a szimbólumszinten leírt folyamatokat kémiai változásként értelmezik. A jellemző tanulási utak elemzése arra mutatott rá, hogy – a szakértői / tankönyvi tanulási úttól eltérően – az oldási folyamatok mindig az utolsó helyen szerepelnek. Ezeket az eredményeket két hazai konferencián tartott előadásban és két magyar nyelvű tanulmányban (16, 21) ismertettük.

- 2.3. A különböző folyamatok (fizikai és kémiai változás) jellemzőinek besorolásakor összesen 32 tévképzetet azonosítottunk. Általában megfigyelhető volt, hogy a mindkét folyamatra egyaránt jellemző tulajdonságokat a tanulók mindig csak az egyik folyamathoz rendelték. Ennek oka, hogy a tankönyvek külön tárgyalják a kétféle változást. A fizikai és kémiai változások jellemzőinek azonosításában 9. és 10. évfolyamon volt kimutatható fogalmi fejlődés. Az eredményeket két magyar nyelvű publikációban (2, 21) közzétettük.
- 2.4. Az anyagmennyiség, mint a kémia által használt tudományos fogalom megértési szintje minden évfolyamon nagyon alacsony. A tanulók egyharmada nem tudott érdemi választ adni, másik harmaduk tipikus tévképzetekről (az anyagmennyiség részecskeszám, az anyagmennyiség moláris tömeg) árulkodó választ adott. Elfogadható választ mindössze a tanulók ötödétől kaptunk. A felmérés eredményét két magyar nyelvű tanulmányban (5, 21) tettük közzé.
- 2.5. Az anyagi halmazokkal kapcsolatos részecskeábrák azonosításakor a halmazállapot meghatározása bizonyult a legkönnyebbnek, a keverékek felismerése a legnehezebbnek. A vizsgálat számos tévképzetet és hibás azonosítási stratégiát hozott felszínre. A statisztikai, tartalmi és strukturális elemzés egyértelműen kis mértékű fogalmi fejlődést jelez 8. és 10. osztályban. Ez alapján valószínűsíthető, hogy a konkrét kémiai rendszerek vizsgálata jobban hozzájárul a részecskeábrák megértéséhez, az anyag tulajdonságainak részecskeszintű leírásához, mint egymagában az általános kémia tanulása. Ezekről az eredményekről egy hazai konferencián, egy nemzetközi konferencián, valamint egy magyar nyelvű (21) és egy angol nyelvű közleményben (9) számoltunk be.
- 2.6. Az atom tanulói definícióinak fenomenográfiás elemzése szerint a diákok három fogalomalkotó alapkategória kombinációiból állítják össze definíciójukat. Ezek: (a) Az atom az anyag építőegysége; (b) Az atom alkotói; (c) A atom modellezése. A kategóriák közötti hierarchiát a tudástér-elmélet alapján határoztuk meg. Az ilyen módon kapott tudásszerkezet 7-11. évfolyam közötti változása a fogalmi váltás tipikus profilját mutatja. A kezdeti egységes modell a tanulmányok előrehaladtával differenciálódik, 9. évfolyamon már 4 modell jelenik meg, majd megindul egy „letisztulási” folyamat, és 11. osztályban újból egységesedik a tudásszerkezet: a tanulócsoportra egy új

- modell lesz jellemző. Az eredményeket két magyar nyelvű előadásban, egy angol nyelvű előadásban, két nemzetközi konferencián bemutatott poszteren, két magyar nyelvű (11, 29) és egy angol nyelvű közleményben (17) publikáltuk.
- 2.7. A fenomenográfiával kombinált tudástér-elméletet sikeresen alkalmaztuk a tanulók molekulákkal és ionokkal kapcsolatos fogalmi fejlődésének vizsgálatára is. A fogalmi fejlődés és a fogalmi váltás profilja hasonló az atomnál tapasztaltakhoz. Ezekből a kutatásokból két magyar nyelvű előadás, egy nemzetközi konferencián bemutatott poszter, egy magyar nyelvű (29) és egy angol nyelvű publikáció (18) született.
3. Egy másik széles körű felmérésünk során – amelyben több mint négyezer 7-10. osztályos tanuló vett részt – azt vizsgáltuk, hogy a kémiai számítási feladatok megoldására különböző megoldási stratégiát használó tanulók tudásszerkezet milyen különbségeket mutat.
- 3.1. A kémiai egyenleteken alapuló egyszerű számítások során a következő három tanulócsoporthot alakítottuk ki: (a) az ún. „mól-módszerrel” számoló; (b) az ún. hármasszabállyal számoló tanulók, és (c) azok a tanulók, akik nem oldották meg a feladatot, vagy nem azonosítható a megoldási módszerük. Kiderült, hogy a valamelyik megoldási módszert használó tanulócsoporthot és a (c) csoport jellemző tudásszerkezete nagyon különbözik egymástól. Az egyébként jó eredményt (80%-os megoldottságot) elérő (a) és (b) csoport tudásszerkezetében a komplex feladat megoldásához szükséges specifikus tudáselemek nem épülnek egymásra. Mindkét csoport esetén a meghatározó tudáselem az egyenes arányosság. Ezek az eredmények azt mutatják, hogy a tanulók a megoldási stratégiákat nem a fogalmi megértés alapján, hanem algoritmuszerűen használják. Az eredményeket három magyar nyelvű előadásban, egy nemzetközi konferencián bemutatott poszteren, és egy nemzetközi konferencián tartott előadásban, valamint egy angol nyelvű közleményben (31) publikáltuk.
- 3.2. Az előzőekhez hasonló eredményt kaptunk a vegyületek összetételével kapcsolatos feladatok megoldásának elemzése során is. A komplex feladat megoldásának sikeressége ebben az esetben is csak az egyenes arányosságtól, mint specifikus tudástól függött, ami ismét arra utal, hogy a tanulók algoritmuszerűen használják a megoldási módszereket a fogalmi megértés helyett. Ebből a kutatásból két magyar nyelvű előadás és egy angol nyelvű poszter született.
4. Iskolai tanulmányaikat kezdő, valamint kémiai tanulmányaikat kezdő általános iskolás tanulók anyagszerkezettel és anyagi változásokkal kapcsolatos fogalmainak fejlődését vizsgáltuk, részben egy német-magyar kutatócsere program keretében. Az eredményekből készült Dobóné Tarai Éva doktori értekezése (19).
- 4.1. Kísérletekkel egybekötött strukturált interjúval vizsgáltuk három magyar és egy német iskolakezdő tanulócsoporthot vízzel kapcsolatos, a víz halmazállapotaira,

halmazállapot-változásaira és a víztisztítási eljárásokra vonatkozó tájékozottságát. Legfontosabb megállapításaink a következők voltak: (a) Az iskolakezdő tanulók esetében a párolgás értelmezése a legnehezebb, hiszen feltételezi az anyag részecske-szerkezetének ismeretét. A párolgás gyermeki értelmezése összecseng a korábbi nemzetközi tapasztalatokkal. (b) Az oldás folyamatának értelmezésében a vizsgált mintában is kimutatható volt az „eltűnik, vízzé válik, elolvad, feloldódik és láthatatlan részecskék formájában az oldatban marad” lépések megléte a fogalmi fejlődés során. (c) Az anyag szerkezetéről alkotott gyermeki elképzelések viszonylag koherensek: vagy a folytonos modell, vagy a makro-részecske szemlélet volt a jellemző. (d) A tudásszerkezet-elemzés a tudáselemek hierarchikus kapcsolatát mutatta minden tanulócsoporthoz. A tudáselemek közül a párolgás bizonyult a kritikus tudáselemnek. Az eredményekből 4 magyar nyelvű konferencia-előadás, egy nemzetközi konferencián bemutatott poszter, három magyar nyelvű cikk (1, 10, 26) és két angol nyelvű közlemény (15, 25) született.

- 4.2. Egy másik vizsgálatban 1032 hetedik-nyolcadik osztályos és 103 negyedik-ötödik-hatodik osztályos budapesti tanuló vett részt. A nyílt végű kérdéseket tartalmazó írásbeli felmérés témája a gázok tulajdonságai, az égés és az oldás volt. Legfontosabb megállapításaink: (a) A vizsgált 9-15 éves magyar tanulóira is ugyanazok a tévképzetek jellemzőek, amiket korábban a nemzetközi szakirodalomban leírtak. (b) A fiatalabb és az idősebb diákok nem annyira a tévképzetek mennyiségében, mint azok magyarázatainak összetettségében különböznek. (c) Vizsgálatunk során kiderült, hogy a felmérés három témakörét tekintve a tévképzetek szoros korrelációt mutatnak, aminek oka, hogy valamennyi jelenség helyes értelmezésének közös alapja az anyag részecske-szerkezetének elfogadása és helyes megértése. Ezeket az eredményeket egy magyar nyelvű konferencia-előadásban és két magyar nyelvű publikációban (10, 26) tettük közzé.

#### 5. További, zömében kismintás vizsgálatok eredményei:

- 5.1. 150 általános és középiskolás tanuló, valamint 19 felnőtt (nem kémiaszakos tanár) körében végzett felmérésünk azt mutatta, hogy az anyagszerkezettel és az anyag átalakulásaival kapcsolatos tévképzetek mennyisége csökken ugyan az életkorral, de még a felnőttek körében is szép számban kimutatható. Az eredményeket egy magyar nyelvű közleményben (26) publikáltuk.
- 5.2. Egy 38 nem kémiaszakos, de természettudományi szakos tanár körében végzett felmérés során kimutattuk, hogy – a nemzetközi tapasztalatokkal összhangban – a magyar tanárok is számos olyan tévképzettel rendelkeznek, amely a tanulóira jellemző. A kutatásból egy magyar nyelvű konferencia-előadás és egy magyar nyelvű közlemény (28) született.
- 5.3. Közel háromszáz 9-11. osztályos gimnáziumi tanuló körében vizsgáltuk a tanulók kémiai egyenletek rendezésével kapcsolatos tudásszerkezetét. Megállapítottuk, hogy az egyes évfolyamok jellemző tudásszerkezete lényegében változatlan, tehát a 9. osztály évvégén tanított egyenletrendezési eljárás nincs lényeges befolyással a tanulók ezzel kapcsolatos

tudásszerkezetére. A közel háromévnvi kémiatanulás során kialakult tudásszerkezetet 9. osztályban már nem lehet megváltoztatni. A kutatásból egy magyar nyelvű publikációban (4) számoltunk be.

- 5.4. Huszonhat kémiatanár-szakos egyetemi hallgató részvételével vizsgáltuk, hogy a kémia szakmódszertani oktatás milyen hatással van a tanárszakos hallgatók problémamegoldási stratégiájára oldatok és vegyületek összetételével kapcsolatos egyszerű számítási feladatok esetén. Azt találtuk, hogy a hallgatók kiindulási tudásszerkezetében az egyes megoldási stratégiák többé-kevésbé egymástól izoláltan helyezkednek el. Az oktatás hatására ez az izoláltság megszűnik. Az eredményeket egy nemzetközi konferencián poszterként mutattuk be (14).
- 5.5. Több mint háromszáz 7-12. osztályos tanuló körében végeztünk felmérést azzal kapcsolatban, hogy milyen mértékben jelennek meg a magyar tanulók fogalmi rendszerében a tapasztalati feltevéseken alapuló tévképzetek, változik-e ezek megjelenési mértéke az iskolai kémiaoktatás során és a tapasztalati feltételezések melyik kategóriái a meghatározóak a tévképzetek kialakulásában. Megállapítottuk, hogy a tapasztalati feltételezéseken alapuló tévképzetek száma lényegében független a tanulók kémiai ismereteinek mennyiségétől. A magyar tanulókra legjellemzőbben a folytonosság és a teleológia kategóriájába sorolható tévképzetek. Az eredményekből két magyar nyelvű konferencia-előadás, egy ismeretterjesztő cikk és két magyar nyelvű publikáció (23, 24) készült.
- 5.6. Két középiskola tanulóinak kémiai számításokkal kapcsolatos tudásszerkezetének összehasonlításával kimutattuk, hogy a fogalmi megértés helyett memorizálási technikával tanult ismeretelemek a tanulócsoport jellemző tudásszerkezetében izolált elemekként fordulnak elő. Az eredményekből 3 hazai és 2 nemzetközi konferencián bemutatott előadás és poszter, két magyar nyelvű (3, 8) és egy angol nyelvű cikk (13) született.
- 5.7. Közel 140 7-10. osztályos tanuló bevonásával próbáltuk ki a tudásszerkezet feltérképezésének egy másik módszerét, a szóasszociációs módszert. Vizsgáltuk a tanulóknak a levegőszennyezéssel kapcsolatos ismereteinek szerkezetét. Megállapítottuk, hogy (a) a szóasszociációs módszer alkalmas a tudásszerkezet gyors feltérképezésére; (b) a vizsgált tanulók tudásszerkezete az ózonréteggel, az ózonlyukkal, a savas esővel és a globális felmelegedéssel kapcsolatban egyre komplexebbé válik a kémiai tanulmányok előrehaladtával; (c) számos tévképzetre utaló kapcsolat jelenik meg a tanulócsoportokra jellemző fogalmi hálóban (pl. az üvegházhatásért csak a szén-dioxid a felelős; kapcsolat van az ózonlyuk és a globális felmelegedés között). Az eredményeket négy magyar nyelvű előadásban, egy nemzetközi konferencián bemutatott poszteren és egy magyar nyelvű cikkben (27) publikáltuk.
- 5.8. Az elsőéves egyetemi tanulmányaikat kezdő kémia BSc-s, vegyészmérnöki BSc-s és biomérnöki BSc-s hallgatók kémiai alapismereteinek felmérése során kimutattuk a kémia érettségi szintjének és eredményének meghatározó szerepét, valamint a tapasztalati feltételezéseken alapuló tévképzetek kémiai

alapismeretektől majdnem független meglétét. Az eredményeket egy magyar nyelvű cikkben (32) publikáltuk.

**Az eredmények hasznosítása:**

- A kutatás során elért eredmények jelentős részét beépítettük a kémiatanárok képzési és továbbképzési programjába.
- A kutatási periódusban elkészítette és sikeresen meg is védte doktori értekezését Kiss Edina, Dobóné Tarai Éva és Ludányi Lajos. Az itt bemutatott kutatások folytatása jelenik majd meg – várhatóan – Sebestyén Annamária és Kluknavszky Ágnes doktori dolgozatában is.
- Az elért eredmények egy részét fel tudjuk használni készülő kémia tankönyveink (Tóth Zoltán – Ludányi Lajos: Kémia 9. és Kémia 10.) írásakor is.
- Az ötéves kutatás eredményeit összesen 82 publikációban (hazai és nemzetközi konferenciákon, disszertációkban, hazai és nemzetközi folyóiratokban) tettük közzé.

*Debrecen, 2010. január 26.*

*Dr. Tóth Zoltán s.k.  
vezető kutató*