

B. Németh Mária

A TERMÉSZETTUDOMÁNYOS TUDÁS VÁLTOZÁSA 1999 ÉS 2010 KÖZÖTT A 7. ÉVFOLYAMON

Ma már a széles szakmai közvélemény egyetért abban, hogy a társadalmi és személyes relevanciával bíró természettudományos tudás nem azonos a tudósok tudásával, olyan műveltség, alapszintű tudományos, műszaki tájékozottság, amely alkalmazható a mindennapi életben. Nem volt ez így a 1990-es években, amikor az SZTE Neveléstudományi Intézetében *Csapó Benő* vezetésével elindultak azok a kutatások, amelyekben helyet kapott a természettudományos tudás mindennapi (realisztikus) szituációkban való alkalmazásának vizsgálata. A tanulmány az alkalmazható tudás értelmezése után átfogó képet ad arról, hogyan változott a 7. évfolyamos tanulók *Természettudományos tudás alkalmazása* teszttel mért tudása 1999 és 2010 között. A több mint egy évtizedet átívelő három kutatási program¹ eredményeinek bemutatása azért jelentős, mert átalakultak a tanulás iskolai és iskolán kívüli szinterei, koncepcióváltás ment végbe a tudásfelfogásban.

A tudás alkalmazásának értelmezése

Az alkalmazás (*application*) a tudáshoz, az oktatáshoz szorosan kapcsolódó fogalom. Jelen van a tudás- és műveltségértelmezésekben (*Hackling és Prain, 2008; DeBoer, 2000; OECD, 2006; UNESCO, 2001; Wilson és Bertenthal, 2005*), a különböző vizsgálatokban (pl. TIMSS, PISA), nemzeti standardokban (pl. *MCEETYA, 2006; Schecker és Parchmann, 2007; Chiu, 2007*), használják az oktatási programok megítélésére (*DeBoer, 1991*) és a tudás alkalmazását segítő oktatási módszerek, programok kidolgozásában (*Coştu, 2008; Gallagher, 2000; Nahalka, 2002; Project 2061²; Roth, 1995*), említik a gondolkodási készségek között, azok részeként is. *Kagan (2005)* például az alkalmazást az átalakítással kapcsolatos gondolkodási készségek közé sorolja, *Sternbergnél (1985)* a kreatív

¹ (1) A természettudományi és matematikai tudás országos helyzete és összefüggése a készségek és képességek fejlettségével (1999); (2) Közoktatás szerepe az élethosszig tartó tanulásra való felkészítésben (2006), (3) Szegedi Iskolai Longitudinális Program (2010).

² <http://www.project2061.org/publications/sfaa/default.htm>

gondolkodás egyik eleme, *Passey* (1999) az absztrakcióval és a transzferrel együtt tárgyalja.

A tudásalkalmazás az oktatásban a felhasználás szinonimája. Az iskolai (formális) tanulás értelmezési keretében a tudás minőségének kritériuma, amely leggyakrabban az oktatási célok differenciált kijelölésére használt taxonómiákban a kognitív aktivitás hierarchiájának önálló szintje, a teljesítménymérésekben a kognitív viselkedés konkrét, sajátos formája.

Az alkalmazás az 1950-es évek közepétől számos taxonómia kognitív dimenziójának *apply, applying, application* (alkalmaz, alkalmazás) angol szavakkal jelölt kategóriája (l. *Anderson és Krathwohl, 2001; Mullis, Martin, Ruddock, O'Sullivan, Arora és Eberber, 2005; Mullis, Martin, Ruddock, O'Sullivan és Preuschoff, 2009*). *Bloom* (1956) alapműnek tekintett, a nemzetközi szakirodalomban ma is sokat hivatkozott hierarchikus taxonómiájában az alkalmazás az ismeretet és a megértést követő harmadik tudásszint, az eredeti definíció szerint absztrakciók használata egyedi és konkrét helyzetekben. Az absztrakciók lehetnek általános elképzelések, eljárások vagy általánosított módszerek szabályai, olyan műszaki alapelvek, elképzelések és elméletek, melyek ismeretére és alkalmazására nagy valószínűséggel szükség van (*Bloom, 1956*). Napjaink *Bloom* sokat vitatott és idézett munkájára épülő taxonómiái megtartották az alkalmazást mint tudásszintet, de jelentését némileg módosították, s legtöbbször valamilyen feladatmegoldó tevékenységként értelmezik (pl. *Johnson és Fuller, 2006; Madaus, Woods és Nutta, 1973*). *Anderson* és munkatársai szerint például az alkalmazás lényege a teljesítés és megvalósítás, a tanultak használta modellek, prezentációk, interjúk vagy szimulációk segítségével, illetve eljárások kivitelezése adott szituációkban (*Anderson és Krathwohl, 2001*). *Orosz* (1977, 1993) az ember és környezete között kapcsolatot teremtő pszichikus képződményként értelmezett tevékenység magasabb szintjét nevezi alkalmazásnak és feltételezi, hogy több formája van. *Nagy József* az 1979-ben felállított taxonómiájában az alkalmazást a ráismerésre, a megnevezésre és a reprodukcióra épülő három átalakító/operatív³ és egy megismerő (kognitív) tevékenységből álló szint képviseli.

Az alkalmazás másik megközelítése a különböző kognitív viselkedésformákat sorakoztat fel. *Nagy József* az 1990-es években elszakadt a taxonómiai megközelítéstől és a tanulás sajátásaiból kiindulva az értékelés egyik lehetséges szempontjaként hierarchikusan egymásra épülő alkalmazási kritériumokat jelölt meg (*Nagy, 1993*). Eszerint az alkalmazásnak az elsajátítás mélységétől, a reprezentációtól függően négy, viszonylag jól behatárolható tevékenységhez

³ (1) külső (megadott), (2) belső (megtanult) és (3) maximum (begyakorlott, megfelelő tempóban és minőségben kivitelezett) algoritmus szerint végrehajtható

köthető szintje van: (1) felismerés (pl. a dolgok és viszonyaik felismerése, az információk azonosítása), (2) kapcsolás (vagy felidézés, pl. dolog önálló leírása, jellemzése, lerajzolása), (3) kivitelezés (dolgok, információk átalakítása, módosítása, szabállyal leírható tevékenységek végrehajtása) és (4) értelmezés (összefüggések megfogalmazott megértése). Mivel az iskolában és azon kívül is vannak ismerős és ismeretlen, illetve részleteikben ismerős feladatok, a négy kritériumot további kettő, *reproduktívan* (rutinszerűen) vagy *produktívan* (alkotó módon) végrehajtott tevékenységsszintekre bontotta (Nagy, 1993).

Az alkalmazás a nagy nemzetközi összehasonlító felmérésekben is a tudás értékelésének egyik, viszonylag könnyen azonosítható tevékenységekhez kapcsolt szempontja, függetlenül attól, hogy van-e „alkalmazás” szint a kognitív dimenziójukban. A 2007-es TIMSS-vizsgálatban például az alkalmazás szintet olyan tevékenységek képviselik, mint hasonlóságok és különbségek felfedezése, osztályozás, modellhasználat, összekapcsolás, információértelmezés, megoldáskeresés, magyarázat (Mullis és mtsai, 2005. 41–77. o.). Az első három (1995, 1999, 2003) TIMSS-vizsgálat kognitív dimenziójában nem volt alkalmazásnak nevezett szint, de ugyanúgy, mint az IEA többi felmérésben⁴, megtalálhatók az alkalmazást képviselő konkrét tevékenységek, például tények, fogalmak, információk értelmezése, megfigyelések, természeti jelenségek magyarázata, hipotézisek, becslések, következtetések megfogalmazása (Beaton és mtsai, 1996; Martin és mtsai, 2000; Mullis, Martin, Smith, Garden, Gregory, Gonzalez, Chrostowski és O'Connor, 2001, 2005, 2009).

Az alkalmazás mint tudásszint és mint elemzési szempont (itemparaméter) is hiányzik a PISA-programból, azonban az alkalmazható tudás nem. A PISA-projekt központi fogalma, a műveltség (*literacy*), ugyanis definíciószerűen alkalmazható tudás. E szerint a természettudományos műveltség (*science literacy*) a természettudományos tudás használata problémák azonosításában és bizonyítékokon alapuló következtetések levonásában, a természeti világ és az emberi tevékenység rá gyakorolt hatásának megértésében és felelős döntések meghozatalában (OECD, 2006). A PISA azt vizsgálja, hogy a 15 éves fiatalok rendelkeznek-e a társadalmi beilleszkedés szempontjából fontos kompetenciákkal, mennyire képesek használni az iskolában és az azon kívül szerzett tudásukat valós és konkrét problémák, feladatok megoldására.

Az alkalmazás az oktatási célok meghatározásában és a tudásmérésekben a kognitív aktivitás egy szintje, sajátos viselkedési forma, a működés és a felhasználás szinonimája. Mindezen túl a legkülönbözőbb értelmezésekben az is közös,

⁴ A kognitív dimenzióban van alkalmazás szint például: FISS (1970/71), SISS (1983/84) és a 2007-es és 2011-es TIMSS vizsgálatokban, valamint az IAEP (1990/91) vizsgálatokban (Comber és Keeves, 1973; Lapointe, Askeew és Mead, 1992; Mullis és mtsai, 2005).

függetlenül attól, megneveznek-e konkrét tevékenységeket, hogy megjelölik a szituációt, az alkalmazás körülményeit. A legtöbb meghatározás mond valamit a kontextusról, az elvégzendő feladat azon paramétereiről, amelyek befolyásolják a megoldáshoz szükséges tudás lehívását a memóriából.

A kontextus mint a tudás alkalmazását meghatározó paraméter

Mindennapi tapasztalat, hogy minél ismerősebb a feladat, annál nagyobb a megoldás valószínűsége, a szokatlan, a részleteikben ismeretlen feladatok megoldása gyakran releváns ismeretek birtokában is sikertelen (*De Corte*, 2001). Pszichológiai kutatások megmutatták, hogy a tevékenység kötődik a környezet-höz, mivel a tanulás szituatív, az ismeretekkel, a készségekkel és a képességekkel a körülményeket, a kontextust is elsajátítjuk (*Clancey*, 1992; *Nagy*, 1985; *Wisemann és Tulving*, 1976), és a tudás aktiválása függ a tanulási és az alkalmazási szituáció viszonyától (*Schneider, Healy, Ericsson és Bourne*, 1995; *Tulving*, 1979; *Singely és Anderson*, 1989). *Greeno, Smith és Moore* (1993) igazolták, hogy a tudás akkor vihető át egyik szituációból a másikba, vagyis akkor transzferálható, ha azok részleteikben megegyeznek. Egyes kutatások arról is beszámoltak, hogy az egyén cselekvéseit a hasonlóság megtapasztalása irányítja (*Marton*, 2000). Néhány vizsgálat eredménye arra utal, hogy a szituációk egyezőségének megítélése egyéni (*Marton*, 2000), a hasonlóság szubjektív (*Brown, Branford, Ferrara és Campione*, 1983). *Baddelly* (1982) szerint a felidézésre hatással van a tanulás körülményeit (pl. a tanóra szituációját) rögzítő külső és a rögzített információ jelentőségét reprezentáló belső kontextus.

Mindez az oktatás értelmezési kereteiben azt jelenti, hogy a tanultak alkalmazásának nehézségeit a tanulás és a felhasználás iskolai és az azon kívüli körülményeinek különbségei okozzák (*Csapó*, 2001a, 2002b). Az iskolában az ismeretek, a tudás megszerzése szerkesztett feladatok segítségével tervezett, mesterségesen szervezett körülmények között történik, gyakori a konkrétól való elszakadás. A többé-kevésbé absztrakt osztálytermi tanulással szemben a nem irányított, sokkal inkább véletlenszerű, mint szándékolt tanórán kívüli tanulás mindig konkrét szituációkban végzett tevékenységgel valósul meg (*Lave és Wenger*, 1991). Míg az iskolában szerzett tudás értéke, felhasználhatósága gyakran rejtve marad a tanulók előtt, a hétköznapi tanulás természetes, értelmes és hatékony eszközhasználó tapasztalat (*Marton*, 2000). Ebből következik, hogy a nem instruált, többé-kevésbé spontán tapasztalatokból származó tudás a tanórán kívüli, hétköznapi feladatokban használható hatékonyan. Ha az alkalmazás fogalmát mint a tudás minőségi paraméterét használjuk, mondani kell valamit az alkalmazás körülményéről, a kontextusáról.

A neveléstudományi szakirodalom az alkalmazás szituációjának, kontextusának megjelölésére leggyakrabban a valós, életszerű, realiztikus, mindennapi, hétköznapi, illetve az új, az ismeretlen jelzőket használja a tartalom részletes kifejtése nélkül (l. pl. *Anderson, 2005; Butterworth, 1993; MCEETYA, 2006*). Konkrét jelentéssel bíró, szisztematikusan rendezett kategóriák használata viszonylag ritka. A PISA-vizsgálatokban az itemek kontextusát a tesztek klasztereknek elején elhelyezett szövegek adják. A feladatok a tanulók számára ismerős, a vizsgálatok céljai és műveltségdefiníciója szempontjából releváns, két szempontrendszer szerint kiválasztott valós helyzeteket képviselnek. Az egyiket a természettudománnyal és a technikával kapcsolatos kérdések (egészség, természeti források, környezet, kockázat, a tudomány és a technika korlátai), a másikat a társadalom és a gazdaság szempontjait megjelenítő szituációk (a személyes – egyéni/családi/kortárs –, a társadalmi/közösségi, illetve a globális problémák) adják⁵ (*OECD, 2006*).

A kontextus megjelölésében, a PISA rendszerét használva, a közeli és a távoli transzfer segítségével egyesíti a tanulás és az alkalmazás különböző szintereinek szempontjait a *Csapó Benő* vezetésével kidolgozott tartalmi keret (*Csapó és Szabó, 2012*). A természettudomány diagnosztikus értékelésének tartalmi keretében a tudás alkalmazás (társadalmi) dimenziójában jelen vannak mind az intézményi oktatásban, mind a mindennapi életben releváns szituációk. Az iskolai tanulás szempontjait, ezen belül az ismert és az új feladatkörnyezet hasonlóságát, a transzfertávolságot az iskolai kontextus három formája képviseli: alkalmazás (1) adott tantárgy más témájában, (2) más természettudományos, illetve (3) nem természettudományos tantárgyban. A hétköznapi iskolán kívüli szituációit leíró realiztikus kontextus összekapcsolja a mindennapi élet természettudományokhoz és a technikához köthető átélhető (autentikus), illetve nem megtapasztalható (nem autentikus), de fontos kérdéseit és a PISA-vizsgálatokban is szereplő társadalmi és gazdasági vonatkozású (személyes, közösségi és globális) problémákat (részletesen l. *Korom, B. Németh, Nagy L-né és Csapó, 2012*).

Az alkalmazás az e tanulmányban bemutatott projektekből a 7. évfolyamos tanulók számára releváns és realiztikus szituációkban megvalósuló kognitív viselkedés. A *Természettudományos tudás alkalmazása* tesztet először az 1995-ben lebonyolított szegedi „Az iskolai tudás” program (*Csapó, 2002a*) használta. A teszt a projekt céljának – az iskolai és az alkalmazható tudás ellentmondásainak feltárása – megfelelően összekapcsolja az iskolában tanult ismereteket és az

⁵ A 2000-es és 2003-es vizsgálatban tudomány- és technikatörténeti vonatkozású kérdések is szerepeltek.

azok segítségével értelmezhető, a tanulók mindennapi életének részét képező jelenségeket (pl. hideg időben látható a leheletünk). Az ezredforduló utáni jelentős változások (pl. a NAT-változatok⁶ bevezetése, a tankönyvek széles skálája) miatt azonban a 2006-os és a 2010-es vizsgálatokban már nem teljesült a kritérium, hogy valamennyi, a mintában szereplő hetedikes tanuló tanulta az iskolában a feladatok megoldásához szükséges ismereteket. A természettudományok oktatásának tartalmi és szerkezeti átalakulása (pl. óraszám csökkenése) ellenére több érv szolt amellett, hogy a mérőeszköz fejlesztése után felvegyük a tesztet. Ezek a következők:

- a válaszok megadásához a természettudományos műveltség alapjait képező ismeretek alkalmazása szükséges;
- a feladatok a célcsoport számára vagy napi tapasztalatot jelentő, vagy a médiában folyamatosan jelen lévő jelenségek tudományos hátterének megnevezését, magyarázatát és értelmezését kéri;
- a nemzetközi vizsgálatokban középpontba került a hétköznapiakban releváns természettudományos műveltség és az alkalmazható tudás mérése.

Mivel a *Természettudományos tudás alkalmazása* teszt feladatai több vonatkozásban (pl. a feladatok kontextusában, stílusában) hasonlóságot mutatnak a két nagy nemzetközi természettudományos projekttel, különösen a TIMSS-vizsgálatokkal, és ez utóbbiak eredményei a magyar tanulók tudásának romlását jelzik, kíváncsiak voltunk arra, hogy a magyar oktatásban időközben lezajlott változások hogyan hatottak a *Természettudományos tudás alkalmazása* tesztrel mért alkalmazás, a hétköznapi jelenségek értelmezésére.

Módszerek és eszközök

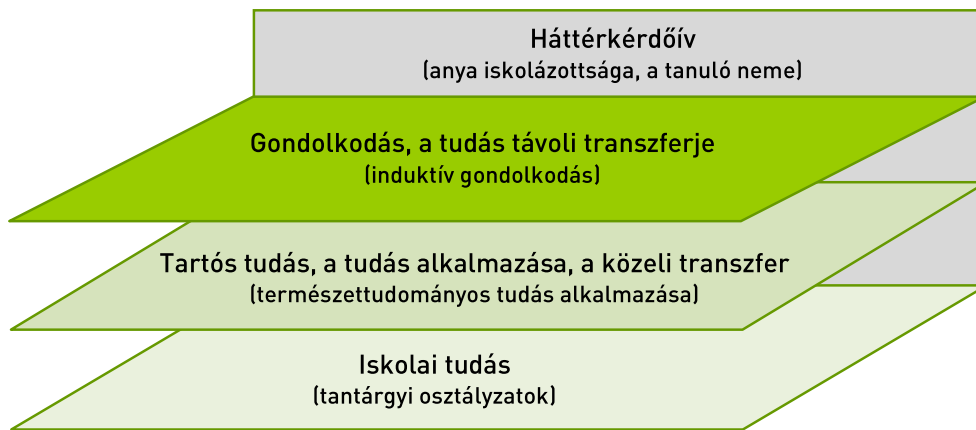
A kutatások szerkezete

A természettudományos tudás realiztikus szituációkban való alkalmazásának mérésére a tudás különböző rétegeit és azok összefüggéseit vizsgáló kutatási programok keretében került sor. Az 1. ábra a három projekt közös modelljét mutatja, zárójelben az elemzésekben használt változók szerepelnek.

Az elemzésben használt modell három szintje megfelel a természettudományos tudás diagnosztikus mérésére 2012-ben kidolgozott tartalmi keret dimenzióinak (Korom és mtsai, 2012. 161. o.). A modell összekapcsolja a tanulás gondolkodás (pszichológiai), alkalmazás (társadalmi) és szaktudományi (diszcipli-

⁶ A tanulók 2006-ban a 2003-as, 2010-ben a 2007-es NAT szerint tanultak.

náris) dimenzióit és a tanulás eredményességét befolyásoló háttérváltozókat. A modellben az „Iskolai tudás” a tartalmi keret szaktudományi dimenzióját, az iskola által közvetített, tantervekben rögzített tantárgyi tudást képviseli. Jellemzésére az iskola értékrendjét tükröző, a tanulók iskolai pályafutását meghatározó tantárgyi osztályzatok szolgálnak. A „tartós tudás, a tudás alkalmazása” (alkalmazás/társadalmi dimenzió) a tanórákon kívül hosszabb ideig használható, közeli transzferrel megoldható tudást jelenti. A mérésére kifejlesztett eszközök egyike a *Természettudományos tudás alkalmazása* teszt. A gondolkodás, a tudás távoli transzferjének dimenzióját mindhárom projektben az induktív gondolkodás vizsgálata képviselte. *Csapó Benő* kutatásai megmutatták, hogy az általa fejlesztett induktív gondolkodást mérő teszt jól méri az intellektuális fejlettség egy bizonyos dimenzióját és alkalmas a tanulói teljesítmények változosságának feltárására (*Csapó, 1994, 1997, 2001b, 2002b*).



1. ábra

A három kutatási projekt közös modellje (Csapó, 2002b. 30. o. alapján)

Mindhárom kutatási program célja volt a vizsgált tudás összefüggéseinek feltárása, ezért a *Csapó Benő* által kidolgozott kérdőívvel adatokat gyűjtött a tanulók néhány, a tanulással, a mért tudás minőségével összefüggő nem kognitív sajátosságokról, ilyen például a nem, a szülők iskolai végzettsége, a tantárgyi attitűd, a továbbtanulási szándék (*Csapó, 2000*).

A mérések mintái

A természettudományos tudás vizsgálatában mindhárom mérési pontban több mint száz osztály [7. évfolyamos tanulója vett részt ($n_{1999}=1995$, $n_{2006}=3457$, $n_{2010}=3438$)] . Az 1. táblázat az országos projektek 7. évfolyamos mintáinak főbb paramétereit foglalja össze. A mintavétel alapja mindhárom esetben a régió, alapegysége az osztály. A minták a regionális lefedés, a nemek és az anya iskolai

végzettsége szerint reprezentatívak. Azonban a tanulók átlagéletkora szignifikánsan magasabb az ezredforduló utáni vizsgálatokban.

1. táblázat. A kutatások mérési mintáinak paraméterei

Változók	Mérési pont		
	1999	2006	2010
Tanulók száma	1 995	3457	3438
Osztályok száma	101	178	196
Lányok %-os aránya	49,0	48,7	48,5
Átlagéletkor (év)	13,5	13,7	13,8

Az átlagéletkor 1999 és 2010 közötti növekedésének hátterében a beiskolázási szokások változása feltételezhető. Miután széles körben ismertté vált, hogy az iskolakezdés sikere az alapkészségek fejlettségétől függ (Nagy, 2008; Józsa és Zentai, 2007), a szülők egy része valószínűleg akkor is visszatartja gyermekét az óvodában, ha annak nincs fejlettségbeli oka.

A Természettudományos tudás alkalmazása teszt jellemzői

A teszt izomorf szerkezetű, nyitott itemekből álló feladatlap. A tanulóknak a hétköznapi kommunikáció nyelvén megfogalmazott kérdésekre kell rövid magyarázatot adni (pl. Miért párásodnak be télen az ablakok? Miért nem csúszik a jeges út, ha felszórjuk homokkal?). Hasonló kérdéseket (pl. Miért izzad a testünk melegben? Miért tartja a takaró melegen a testünket? Miért kék az ég?) tetek fel egy 1990-ben négy ország (Tajvan, Japán, USA és Magyarország) részvételével lebonyolított felmérésben, melynek része volt az ismeretek gyakorlatiaságának, alkalmazhatóságának vizsgálata is (Stevenson, 1991). A *Természettudományos tudás alkalmazása teszt* feladatai a megfogalmazás módjában (stílusában), a mért tartalmakban és a megoldáshoz szükséges műveletekben, továbbá a problémafelvetés és a kérdések megfogalmazásának módjában igen hasonlóak az IEA TIMSS-vizsgálatok feladataihoz (2. ábra; Beaton, Martin, Mullis, Gonzalez, Smith és Kelly, 1996⁷, l. még B. Németh, 2000).

A *Természettudományos tudás alkalmazása teszt* az alkalmazást mint a kognitív viselkedés sajátos formáját értelmezi, és hétköznapi szituációkban működő, viszonylag jól behatárolható konkrét tevékenységekkel méri. A megoldás műveletei fellelhetők mind a TIMSS-vizsgálatok⁸, mind a PISA-prog-

⁷ Az 1995-ös TIMSS feladatai a *Természettudományos tudás alkalmazása teszt* fejlesztésének kezdetén, az első mérés idején (1994) nem voltak ismertek.

⁸ Például 1995-ben: ismeret, magyarázat (Beaton és mtsai, 1996).

ram⁹ kognitív dimenziójában (Beaton és mtsai, 1996; OECD, 1999, 2003). A tesztben az alkalmazás fogalma leginkább a 2003-as TIMSS kapcsolás (*relate*) műveletéhez áll közel (Mullis és mtsai, 2001)¹⁰. A *Természettudományos tudás alkalmazása* tesztben a válaszok megadásához tényeket, fogalmakat kell összekapcsolni anyagok, jelenségek megfigyelt vagy kikövetkeztetett tulajdonságaival, viselkedésével, használatával, olyan dolgokkal, amelyekkel a tanulók nagy valószínűséggel találkoznak, amelyeket esetenként ténylegesen megtapasztalnak az iskolán kívül.

Természettudományos ismeretek alkalmazása valós szituációkban teszt feladata:

Miért veszélyes az emberiség számára az ózonréteg pusztulása?

1995-ös IEA-TIMSS feladat (www.timss.org):

Miért fontos minden földi élőlény számára az ózonréteg?

2. ábra

A Természettudományos tudás alkalmazása teszt és az 1995-ös TIMSS feladatai

A teszt feladatainak megoldásához szükséges ismeretek részét képezik a természettudományos tudásnak, gondolkodásnak és a TIMSS-vizsgálatokhoz hasonlóan szerepelnek a természettudományos tantervekben, az alsóbb évfolyamok természetismeret tananyagában (pl. oldódás, halmazállapot-változás, égés). Az 1999-es felmérésben a tanulók valamennyi, a válaszok megadásához szükséges ismeretet tanulták az iskolában, azonban az ezredforduló után a tartalmi elemek egy része csak a felsőbb évfolyamok tananyagában van jelen.

A tesztben az alkalmazás körülményeit olyan hétköznapi szituációk adják, amelyek jelen vannak a tanulók életében. A feladatok kontextusa megfelel a természettudomány diagnosztikus méréséhez 2012-ben kidolgozott tartalmi keret (Korom és mtsai, 2012) realiztikus kontextusának. Többségben vannak a személyes kontextusú itemek, de a társadalmi és a globális kategóriákat is képviseli egy-egy item. A feladatok kontextusát a közlekedés, a lakókörnyezet és napi tevékenységei, a táplálkozás, az ember teste és egészsége, szabadidő/sport adják. A feladatok stílusa természetes, kerüli az iskolában használt tudományos terminológia használatát.

A teszt a kutatások során részleteiben változott, néhány, empirikus paramétereit tekintve gyenge, illetve az aktualitásukat veszített feladat helyére újabbak

⁹ Például 2000-ben, 2003-ban: az ismeret és megértés, 2006-ban jelenségek magyarázata (OECD, 1999, 2003).

¹⁰ Ez a *műveleti szint* a TIMSS 1995-ös kutatásban komplex információ-megértés (Beaton és mtsai, 1996), a 2007-es vizsgálatban az alkalmazás kategóriáiban van jelen (Mullis és mtsai, 2005).

kerültek. A tesztfejlesztés azonban nem érintette lényegesen a teszt szerkezetét: 28 item valamennyi vizsgálatban szerepelt, ezek alapján összehasonlíthatók a 11 évet átfogó három vizsgálat eredményei.

A válaszok értékelése háromfokú skálán történt. 0 pontot értek a hibás megoldások, 1 pontot a részben helyes válaszok, 2 pontot pedig a teljes, hibátlan magyarázatok. Az adatok feldolgozása az SPSS statisztikai programmal történt.

Eredmények

Az elemzés elvégezhető, mivel a 28 itemes részteszt Cronbach- α értékei (2. táblázat) jól közelítik a TIMSS-vizsgálatok értékeit (*Beaton* és *mtsai*, 1996; *Martin* és *mtsai*, 2000, 2004). A *Természettudományos tudás alkalmazása* teszttel 1999 és 2010 között végzett vizsgálatok eredményei néhány százalékpontos szignifikáns változást mutatnak (2. táblázat). Míg a TIMSS-vizsgálatok csökkenő tendenciát jeleztek,¹¹ 2010-ben a tanulók 6,3 %p-tal teljesítettek jobban, mint négy évvel korábban. Azonban 2006-ban a 1999-es vizsgálatnál 1,8 %p-tal gyengébb eredményt értek el. Az elemzés szerint a három minta szórása szignifikánsan különbözik (ANOVA $F=149,16$; $p<0,001$), a legnagyobb szórást a 2006-os, a legkisebbet az 1999-es mérés mutatja. Tehát, míg a kutatások által átfogott több mint egy évtized alatt a teljesítmények összegükben javultak, a tanulók közötti különbségek nőttek.

2. táblázat. A 28 itemes részteszt empirikus mutatói

Változók	Mérési pont		
	1999	2006	2010
Tanulók száma	1 995	3 457	3 438
Cronbach- α	0,79	0,82	0,84
Átlag (%p)	30,0	28,2	34,5
Szórás (%p)	14,1	15,2	16,3
Relatív szórás	47,0	53,9	47,2

A hétköznapi szituációk értelmezésének bemutatott változását, a teljesítménysávok kiszélesedését jelzik a percentilisek is (3. táblázat). A tanulók leggyengébben teljesítő 5%-ának átlaga 1999-ben 8,9 %p-nál, 2006-ban 7,1, négy évvel később 10,6 %p-nál kisebb, a legjobb 5% eredménye 2010-ben 64,3, a két

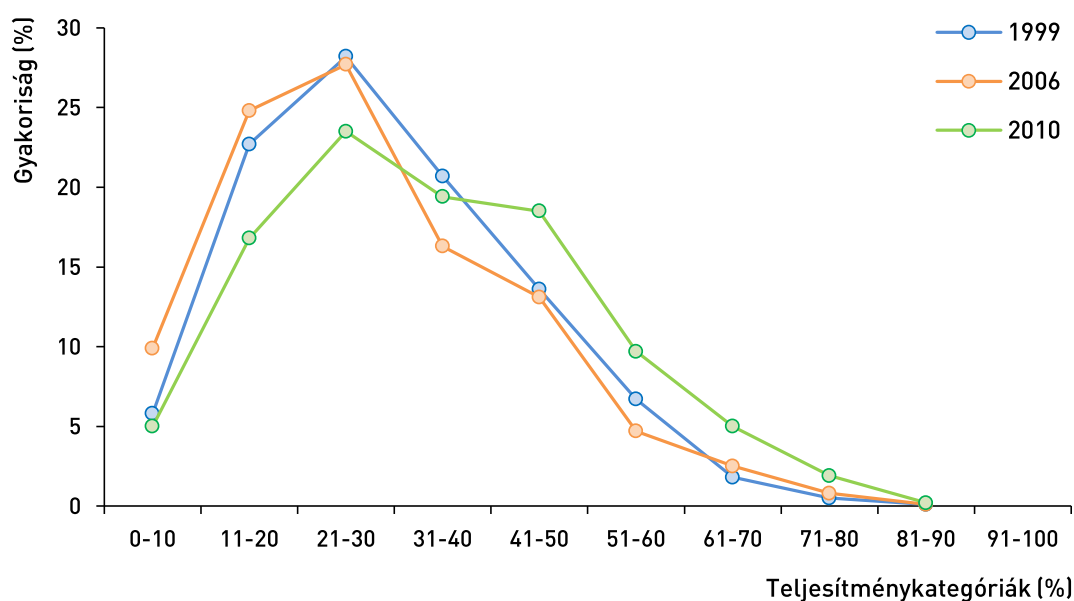
¹¹ A 2007-ben lezajlott TIMSS elemzése szerint diákjaink természettudományos tudása gyengébb a négy évvel korábnál. Az 1983-ban világszerte nyolcadikosok eredménye 1999 és 2007 között 13 pontot csökkent (*Martin* és *mtsai*, 2008. 46. o.).

korábbi mérésben 55,4 %p-nál nagyobb. Az 55,4 %p-nál magasabb eredményt elért tanulók átlagát kiszámítva kiderül, hogy ebben a teljesítménysávban 1999 és 2006 között is javultak az eredmények (átlag₁₉₉₉=62,5 %p; átlag₂₀₀₆=65,0 %p; F=1,89; t=-2,94; p<0,004).

3. táblázat. A 28 ítemes részteszt percentilisei (%p)

Mérési pont	Percentilisek				
	5	25	50	75	95
1999	8,9	19,6	28,6	39,3	55,4
2006	7,1	16,1	26,8	37,5	55,4
2010	10,6	21,4	33,9	46,4	64,3

A három vizsgálat teljesítményeloszlása (3. ábra) hasonló, a görbék balra aszimmetrikusak. 1999 és 2006 között nőtt a 25 %p alatt teljesítők aránya, 2010-re ez az arány 33,3%-ra csökkent. 50 %p alatti teljesítményű a tanulók aránya 1999-ben, 2006-ban több mint 90%, 2010-ben 83,2%. A 75 %p felett teljesítők aránya mindhárom esetben csekély.



3. ábra

A teljesítmények eloszlása a három vizsgálatban

A vizsgált jelenségek értelmezésének változása

A feladatok szintjén még összetettebb a kép. A 4. ábra a feladatok nehézségi sorát, a százalékpontban kifejezett átlagait mutatja a 2010-es mérés szerint sor-

ba rendezve. Mindhárom vizsgálatban a legkönnyebb a KÖHÖGÉS¹² címkéjű feladat, a legnehezebbek között a LÁZ¹³, a KÓLA¹⁴ és a VÁKUUM¹⁵ található.

Elvégezve a varianciaanalízist, a következő megállapítások fogalmazhatók meg. Három item megoldásban nincs szignifikáns változás. Ezek egyike a mindhárom mérésben legkönnyebb feladat (KÖHÖGÉS, 85,9–86,1 %p). A tanulók többsége (85%-a) tudta, hogy a köhögéskor vagy tüsszentéskor a zsebkendő használata csökkenti a fertőzések terjedését. A másik kettő, a 36,9, illetve a 39,0 %p-os OLAJOZÁS¹⁶ és a 36,4–37,4 %p-os ROBBANÁS¹⁷. Négy feladat esetében van fejlődés mindhárom mérési időpontban. Ezek egyike a KÓLA címkéjű feladat (4,7, 6,1, 10,5 %p). A másik három feladat átlaga 2010-ben elérte a 34 %p-ot, és a változás 1999 és 2010 között több, mit három-, illetve nyolcszoros volt (LEHELET¹⁸: 6,6, 28,4, 40,5 %p, HEGYMÁSZÓK¹⁹: 10,2, 22,1, 33,9 %p, RŐZSE²⁰: 11,5, 21,0, 36,4 %p). Fordított változást, a teljesítmények csökkenését egyetlen közepes nehézségű feladat mutat. Ennek megoldásához azt kell tudni, hogy miért emelkedik fel a meleg levegő (MELEG LEVEGŐ: 49,5–44,5–40,9 %p). Egy olyan feladat van a tesztben, az ALMA TÁROLÁSA²¹ címkéjű, melynek átlaga 2006-ban szignifikánsan magasabb volt, mint a másik két évben. A többi feladat megoldásában 1999–2006, illetve 2006–2010 között nem volt szignifikáns változás.

Röviden összefoglalva, a feladatok átlagai azt jelzik, hogy az általános iskolai oktatásban az 1999 és 2010 között végbement változások eltérően hatottak a tesztben felsorakoztatott jelenségek értelmezhetőségére. Úgy tűnik, hogy esetenként akkor is gondot okozott a feladatokban szereplő hétköznapi jelenségek értelmezése, ha az ahhoz szükséges ismereteket a tanuló tanulta az iskolában, de nem a feladatok kontextusában. Ugyanakkor a könnyebb feladatok megoldásához szükséges ismeretek direkt formában nem szerepelnek sem a tantervekben, sem a legnépszerűbb tankönyvekben, de maga a jelenség gyakori a tanulók mindennapi életében.

¹² Miért illik kezünket, illetve egy zsebkendőt az orrunk és a szánk elé tartani, amikor köhögünk vagy tüsszentünk?

¹³ Miért veszélyes a magas láz?

¹⁴ Miért távozik a szén-dioxid, ha kinyitjuk a kólásüveget?

¹⁵ Miért jó hőszigetelő a vákuum?

¹⁶ Miért nem nyikorognak az egymással érintkező gépalkatrészek, ha zsírozzák vagy olajozzák azokat?

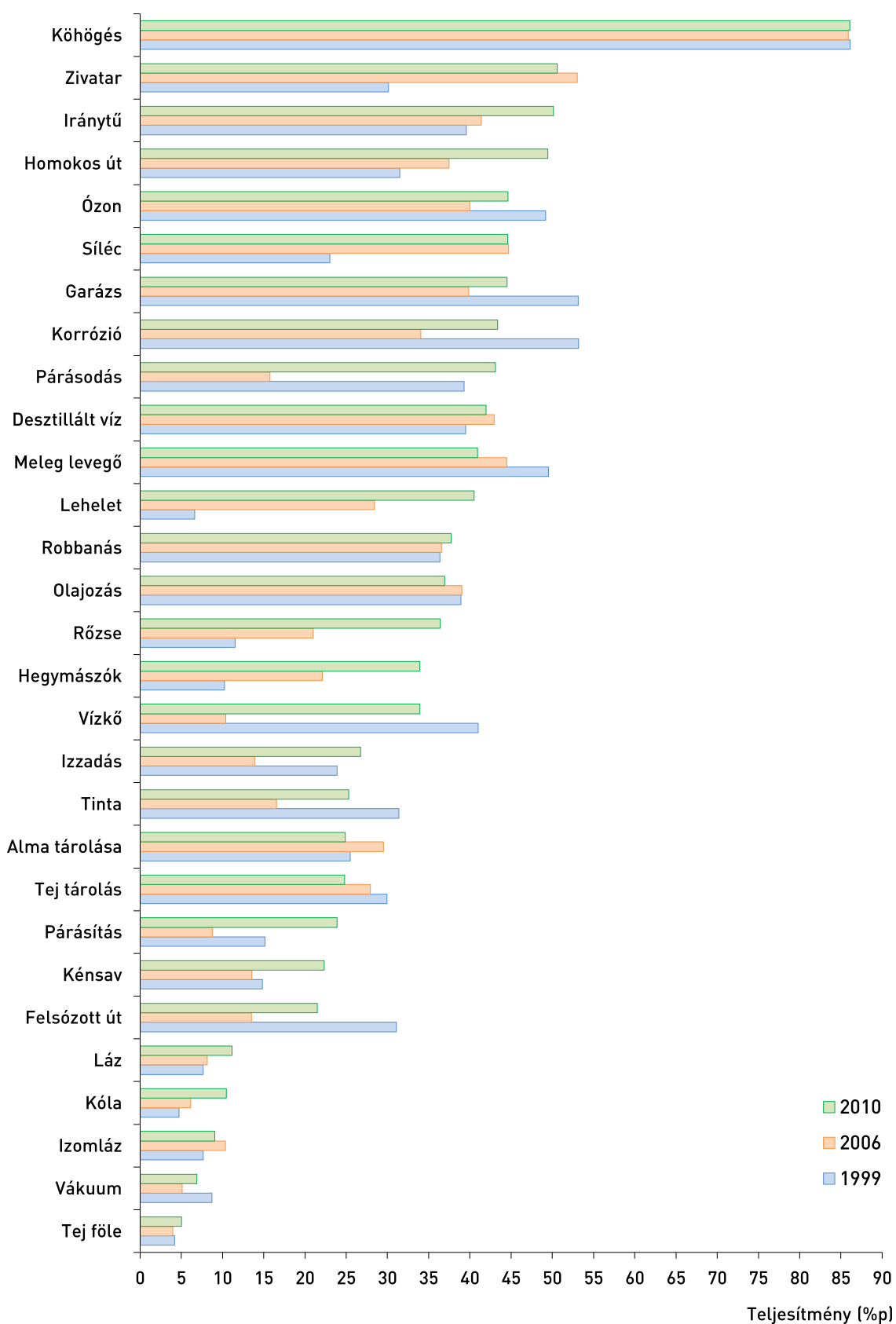
¹⁷ Miért robban fel a szivárgó gáz, ha lámpát kapcsolunk?

¹⁸ Miért látható hideg időben a leheletünk?

¹⁹ A hegyászok egy többszáz méteres hegycsúcs megmászásakor orrvérzéssel küszködnek. Miért pattannak meg az orrnyálkahártya erei?

²⁰ Miért lobban lángra a parázsló rőzse, ha fűjjük?

²¹ Miért válik az alma héja ráncossá tárolás során?



4. ábra
Teljesítmények feladatonként

A természettudományos tudás alkalmazását befolyásoló tényezők

Az 1990-es évek óta a tanulási környezet jelentősen átalakult. Megváltoztak a spontán tanulás körülményei, számos ponton módosultak az információszerezési szokások és a természettudományok iskolai oktatásának paraméterei. A 11 évet átívelő három projekt adatai nem teszik lehetővé a bonyolultabb összefüggések feltárását. A tanulmány azt mutatja be, hogyan változott a mért természettudományos tudás és az iskolai teljesítmények, az induktív gondolkodás, az anya iskolai végzettsége, valamint a tanuló neme közötti kapcsolat.

A mért természettudományos tudás és az iskolai teljesítmények kapcsolata

A tanulók iskolai teljesítményét mindhárom projektekben a félévi bizonyítvány jegyei képviselik. A tantárgyi osztályzatok bizonytalan mutatói a tanulói tudásnak (Csapó, 2002c), de jellemzik a tanulók iskolai teljesítményét és hivatalos információ-hordozói az oktatás sajátosságainak, az iskola által közvetített tudásnak. A bizonyítványjegyek és a teszteljesítmények korrelációja gyenge és közepes erősségű ($r=0,27-0,42$) szignifikáns kapcsolatban áll. A 4. táblázat mutatja, hogy 1999 és 2010 között alig változott a tesztátlag és a bizonyítványjegyekkel jellemzett iskolai teljesítmények viszonya. Ahogy az várható volt, az összefüggés valamivel szorosabb ($r=0,31-0,42$) a természettudományos tárgyak osztályzataival. Az eredmények – összhangban az TIMSS-vizsgálatokkal (Martin és mtsai, 2008) – a természettudományos és a matematikai tudás kapcsolatát jelzik. Ezt részben magyarázza, hogy a természettudományos tantervekben az ismeretek mellett jelen van a gyakorlati példák használatának, az alkalmazható tudás közvetítésének elvárása is, és a matematika tantárgyi teljesítményeket számos kognitív képesség fejlettsége befolyásolja. Az azonban nehezen értelmezhető, hogy miért mutatnak a történelem tantárgy iskolai eredményei a természettudományos tantárgyakéhoz hasonló erősségű összefüggést. Arra sem könnyű magyarázatot találni, hogy az irodalom, a nyelvtan és az idegen nyelv korrelációs együtthatói a 2006-os és 2010-es vizsgálatokban csak néhány százalékkal kisebbek, mint a természettudományos tantárgyaké. A rendelkezésre álló adatok nem elegendőek az okok feltárásához. Az úgynevezett reál és humán tantárgyak hasonló korrelációs együtthatói alapján azonban feltételezhető, hogy a *Természettudományos tudás alkalmazása* tesztel mért tudás részben nem iskolai tanulásból származik, továbbá az általános iskolában vannak a „jó tanulók”, akik általában minden vizsgált területen viszonylag jól teljesítenek.

4. táblázat. A Természettudományos tudás alkalmazása teszt átlagának és az osztályzatokkal, valamint az induktív gondolkodás teszttel képzett korrelációs együtthatói

Változók		1999	2006	2010
Tantárgyak	Biológia	0,35	0,34	0,39
	Fizika	0,40	0,38	0,39
	Földrajz	0,36	0,31	0,37
	Kémia	0,40	0,34	0,40
	Matematika	0,42	0,34	0,41
	Történelem	0,35	0,35	0,38
	Idegen nyelv	0,27	0,27	0,31
	Nyelvtan	0,28	0,30	0,32
	Irodalom	0,27	0,31	0,31
Tanulmányi átlag		0,39	0,35	0,40
Induktív gondolkodás	Számsorok	0,26	0,28	0,29
	Számanalógiák	0,29	0,22	0,25
	Szóanalógiák	0,43	0,36	0,35
	Teljes teszt	0,43	0,38	0,38

Megjegyzés: minden esetben $p < 0,001$

A természettudományos tudás alkalmazásának és az induktív gondolkodás viszonya

Az elemzés szerint az induktív gondolkodás amellet, hogy szerepet játszik a tudás megszerzésében és működtetésében (Csapó, 1994, 1997, 2001b, 2002d), jelen van a tanulók problémamegoldó gondolkodásában (Molnár, 2002, 2003, 2006) és a természettudományos tudás alkalmazásában is (5. táblázat). A korrelációs együtthatók közepes erősségű összefüggést jeleznek, a részképességek közül a verbális képesség (szóanalógiák) jelentősebb hatását mutatják (4. táblázat). A korrelációs együtthatók a teszttel mért természettudományos tudás és az induktív gondolkodás fejlettsége közötti kapcsolat gyengülésére utalnak (l. még B. Németh, 2000, 2002; Csapó és B. Németh, 1995). Erre a megállapításra jutunk a lineáris regresszióanalízis eredményei alapján is. Az induktív gondolkodás önmagában a teszteljesítmények varianciájának 20,3–15,7%-át magyarázza (5. táblázat). Ez az érték 12,2–9,8%, ha a modellben az induktív gondolkodás mellett a tanulmányi átlag, az anya iskolai végzettsége²² és a tanuló neme is szerepel.²³ Az adatok szerint a négy változó együtt a teljesítmények varianciájának 29,9, 20,9, 22,7%-át magyarázza.

²² Az anya iskolai végzettségét az elemzésben négy fokú skála jellemzi: 1=legfeljebb nyolc általános, 2=szaktanár, 3=érettségi, 4=felsőfokú (diplomás).

²³ A tanulmány nem foglalkozik a teljesítmények tanulók neme és az anya iskolai végzettsége szerinti részletes elemzésével.

5. táblázat. Természettudományos tudás alkalmazása teszt és néhány háttérváltozó kapcsolatának vizsgálata regresszióanalízissel

Modell	Változók	1999	2006	2010
1.	Induktív gondolkodás	20,3	16,2	15,7
	Induktív gondolkodás	12,2	10,3	9,8
	Tanulmányi átlag	11,1	7,4	9,6
2.	A tanuló neme	3,6	1,4	1,2
	Az anya iskolai végzettsége	2,9	1,8	2,2
	Együtt	29,9	20,9	22,7

A 2. regressziós modellből (5. táblázat) az is kiderül, hogy 1999 és 2010 között nemcsak az induktív gondolkodás, hanem a másik három, a tudásmérésekben általánosan használt háttérváltozó magyarázó értéke is csökkent. Az okok feltárásához a rendelkezésre álló adatok nem elegendőek. Valószínű, hogy a vizsgálatok 11 éve alatt újabb, a tanulói teljesítményeket meghatározó háttér tényezők jelentek meg.

Összegzés

Összefoglalva a tapasztalatokat, a három vizsgálat összetett képet mutat a természettudományos tudás alkalmazásáról és annak változásáról. A teszt megoldásában a 2006-os visszaesés után 2010-ben 4,5 %p-tal jobb eredmények születtek, mint 11 évvel korábban. Ugyanakkor a tesztátlagok pozitív tendenciájával együtt a tanulók közötti különbségek is nőttek.

A feladatok nehézségi sorrendje a három vizsgálatban hasonló, lényegében ugyanazok a könnyű, illetve a nehéz itemek. A feladatok átlagainak változásából bonyolult kép rajzolódik ki. Az adatok szerint három jelenség értelmezésében nem volt szignifikáns változás. Mindhárom mérési pont itemátlagai négy esetben szignifikáns javulást, egyben csökkenést mutatnak. A többi feladat átlagai az egymást követő mérési pontokban (1999–2006, 2006–2010) nem különböztek szignifikánsan. Az itemátlagok arra utalnak, hogy a *Természettudományos tudás alkalmazása* teszttel mért tudás és az iskolai tanulás között nincs egyértelmű kapcsolat. A válaszok elemzéséből az is kitűnik, függetlenül attól, hogy azok jók vagy rosszak, hogy a háttérben inkább a világról szerzett spontán tapasztalatok, naiv elképzelések állnak, nem az iskolában tanult tudományos ismeretek. Így nem meglepő, hogy a mért tudásalkalmazás és a természettudományos tantárgyak iskolai teljesítményeit jellemző bizonyítványjegyek között nincs szoros összefüggés. Az elemzés szerint a természettudományos tudás

mért alkalmazásában számolni kell az induktív gondolkodás fejlettségével, a tudás alkalmazásában szerepe van az analógiák, a szabályszerűségek, a hasonlóságok, a különbözőségek és az összefüggések felismerésének.

A három projekt egyik figyelemreméltó eredménye a természettudományos tudás alkalmazását befolyásoló tényezők, az empirikus kutatásokban gyakran használt háttérváltozók hatásában végbement változás. A regresszióanalízis szerint az alkalmazás teszten elért eredmények varianciájának egyre kisebb hányadát magyarázza az induktív gondolkodás fejlettsége, a tanulmányi eredmény, a tanuló neme és az anya iskolai végzettsége. Valószínűnek tűnik, hogy szerepe volt ebben az ismeretszerzés, a tanulás iskolai (új tantervek, oktatási módszerek) és azon kívüli színterek (pl. internet széles körű elérhetővé válása, az interaktív tanulási, tanítási módszerek elterjedése) jelentős változásának.

A bemutatott kutatások eredményei egyértelműen jelzik, hogy szükség van új, a természettudományos tudás alkalmazását mérő, az elmúlt évtized hazai és nemzetközi tapasztalataira építkező teszt(ek) fejlesztésére. Az elemzés azt is jelzi, hogy az elkövetkező évek kutatásainak egyik feladata az újabb, a teljesítményeket befolyásoló változók feltárása lesz.

Irodalom

- Anderson, L. és Krathwohl, D. (2001, szerk.): *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Addison Wesley Longman, New York.
- B. Németh Mária (2000): A természettudományos ismeretek alkalmazása. *Iskolakultúra*, **10**. 8. sz. 60–68.
- B. Németh Mária (2002): Az iskolai és hasznosítható tudás: természettudományos ismeretek alkalmazása. In: Csapó Benő (szerk.): *Az iskolai tudás*. Második kiadás. Osiris Kiadó, Budapest. 123–148.
- Badelly, A. D. (1982): Domains of recollection. *Psychological Review*, **89**. 708–729.
- Beaton, A. E., Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gonzalez, E. J., Smith, T. A. és Kelly, D. L. (1996): *Science achievement in the middle school years: IEA's Third International Mathematics and Science Study*. Center for the study of testing, evaluation, and educational policy. Boston College, Boston.
- Bloom, B. S. (1956): *Taxonomy of educational objective: The classification of educational goals. Handbook I. Cognitive Domain*. Mckay, New York.
- Brown, A. L., Branford, J. D., Ferrara, R. A. és Campione, J. C. (1983): Learning, remembering and understanding. In: Flawell, J. H. és Markman, E. M. (szerk.): *Handbook of child psychology: Cognitive development*. (4. kiadás) Wiley, New York. 77–166.
- Brown, A. L., Branford, J. D., Ferrara, R. A. és Campione, J. C. (1983): Learning, remembering and understanding. In: Flawell, J. H. és Markman, E. M. (szerk.): *Handbook of child psychology*. Wiley, New York. 78–166.
- Butterworth, G. (1993): Context and cognition in models of cognitive growth. In: Light, P. és Butterworth, G. (szerk.): *Context and cognition*. Erlbaum, NJ. Hillsdale. 1–13.

- Chiu, M.-H. (2007): Standards for science education in Taiwan. In: Waddington, D., Nentwig, P. és Schanze, S. (szerk.): *Standards in science education*. Waxmann, Münster. 303–346.
- Clancey, W. J. (1992): Representations of knowing: In defense of cognitive apprenticeship. *Journal of Artificial Intelligence in Education*, **3**. 2. sz. 139–168.
- Comber, L. C. és Keeves, J. P. (1973): *Science education in nineteen countries. International studies in evaluation*. Wiley, New York.
- Coştu, B. (2008): Learning science through the PDEODE teaching strategy: Helping student make sense of everyday situations. *Eurasia. Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, **4**. 1. sz. 3–9.
- Csapó Benő (1994): Az induktív gondolkodás fejlődése. *Magyar Pedagógia*, **94**. 1–2. sz. 53–80.
- Csapó Benő (1997): Development of inductive reasoning: Cross-sectional measurements in an educational context. *International Journal of Behavioral Development*, **20**. 4. sz. 609–626.
- Csapó Benő (1999a): A tudás minősége. *Educatio*, **8**. 3. sz. 473–487.
- Csapó Benő (2000): A tantárgyakkal kapcsolatos attitűdök összefüggései. *Magyar Pedagógia*, **100**. 3. sz. 343–366.
- Csapó Benő (2001a): Tudáskonceptiók. In: Csapó Benő és Vidákovich Tibor (szerk.): *Neveléstudomány az ezredfordulón*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. 88–105.
- Csapó Benő (2001b): Az induktív gondolkodás fejlődésének elemzése országos reprezentatív felmérés alapján. *Magyar Pedagógia*, **101**. 3. sz. 373–391.
- Csapó Benő (2002a): *Az iskolai tudás*. (2. kiadás) Osiris Kiadó, Budapest.
- Csapó Benő (2002b): Az iskolai tudás vizsgálatának elméleti keretei és módszerei. In: Csapó Benő (szerk.): *Az iskolai tudás*. (2. kiadás) Osiris Kiadó, Budapest. 15–43.
- Csapó Benő (2002c): Az iskolai tudás felszíni rétegei. Mit tükröznek az osztályzatok? In: Csapó Benő (szerk.): *Az iskolai tudás*. (2. kiadás) Osiris Kiadó, Budapest. 45–90.
- Csapó Benő (2002d): Az új tudás képződésének eszköze: az induktív gondolkodás. In: Csapó Benő (szerk.): *Az iskolai tudás*. (2. kiadás) Osiris Kiadó, Budapest. 261–290.
- Csapó Benő és B. Németh Mária (1995): Mit tudnak tanulóink az általános és a középiskola végén? A természettudományos ismeretek gyakorlati alkalmazása. *Új Pedagógiai Szemle*, **45**. 8. sz. 3–11.
- Csapó Benő és Szabó Gábor (2012, szerk.): *Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- De Corte, E. (2001): Az iskolai tanulás: a legfrissebb eredmények és a legfontosabb tennivalók. *Magyar Pedagógia*, **101**. 4. sz. 413–434.
- DeBoer, G. E. (1991): *A history of ideas in science education*. Teacher College Press, New York.
- DeBoer, G. E. (2000): Scientific Literacy: Another Look at Its Historical and Contemporary Meanings and Its Relationship to Science Education Reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 6. sz. 582–601.
- Gallagher, J. J. (2000): Teaching for understanding and application of science knowledge. *School Science and Mathematics*, **100**. 6. sz. 310–318.
- Greeno, J. G., Smith, D. R. és Moore, J. L. (1993): Transzfer of situated learning. In: Detterman, D. K. és Sternberg, R. J. (szerk.): *Transfer on trial: Intelligence, cognition, and instruction*. Ablex Publishing Corporation, Norwood, New Jersey. 99–167.
- Hackling, M. W. és Prain, V. (2008): *Research report 15: Impact of primary connections on students' science processes, literacies of science and attitudes towards science*. Australian Academy of Science, Canberra.
- Johnson, C. G. és Fuller, U. (2006): Is Bloom's taxonomy appropriate for computer science? In: Berglund, A. és Wiggberg, M. (szerk.): *Proceedings of 6th Baltic Sea. Conference on Computing Education Research*. Department of Information Technology, Uppsala University. 120–131.

- Józsa Krisztián és Zentai Gabriella (2007): Hátrányos helyzetű óvodások játékos fejlesztése a DIFER Programcsomag alapján. *Új Pedagógiai Szemle*, **57**. 5. sz. 3–17.
- Kagan, S. (2005): Rethinking thinking: Does Bloom's taxonomy align with brain science? *Kagan Online Magazine*, **8**. 3. sz. <http://www.kaganonline.com/KaganClub/index.html>
- Korom Erzsébet, B. Németh Mária, Nagy Lászlóné és Csapó Benő (2012): A diagnosztikus természettudomány felmérések részletes tartalmi kereteinek kidolgozása: elméleti alapok és gyakorlati kérdések. In: Csapó Benő és Szabó Gábor (szerk.): *Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. 151–171.
- Lapointe, A. E., Askew, J. M. és Mead, N. A. (1992): *Learning science. Report*. Prepared for National Center Educational Statistics, U.S. Department of Education and the National Science Foundation, Princeton, NJ.
- Lave, J. és Wenger, E. (1991): *Situated learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge University Press, Cambridge UK.
- Madaus, G. F., Woods, E. N. és Nuttal, R. L. (1973). A causal model analysis of Bloom's taxonomy. *American Educational Research Journal*, **10**. 4. sz. 253–262.
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S. és Foy, P. (2008, szerk.): *TIMSS 2007 International Science Report, Findings from IEA's Trends in International Mathematics and Science Study at the Fourth and Eighth Grades*. TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College, Boston.
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gonzalez, E. J., Gregory, K. D., Smith, T. A., Chrostowski, S. J., Garden, R. A. és O'Connor, K. M. (2000, szerk.): *International science report, findings from IEA Repeat of the Third International Mathematics and Science Study at the eighth grade*. International Study Center, Lynch School of Education, College Boston, Boston.
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gonzalez, E. J. és Chrostowski, S. J. (2004, szerk.): *TIMSS 2003 international science report. Findings from IEA's trends in International Mathematics and Science Study at the Fourth and Eighth Grades*. TIMSS & PIRLS International Study Center Lynch School of Education, Boston College, Boston.
- Marton Ferenc (2000): Variatio est mater studiorum. *Magyar Pedagógia*, **100**. 2. sz. 127–141.
- MCEETYA (Ministerial Council on Education, Employment, Training and Youth Affairs; 2006): *National Assessment Program – Science Literacy Year 6 Technical Report*. http://www.mceecdy.edu.au/verve/_resources/NAP_SL_2006_Technical_Report.pdf
- Molnár Gyöngyvér (2002): Komplex problémamegoldás vizsgálata 9–17 évesek körében. *Magyar Pedagógia*, **102**. 2. sz. 231–264.
- Molnár Gyöngyvér (2003): A komplex problémamegoldó képesség fejlettségét jelző tényezők. *Magyar Pedagógia*, **103**. 1. sz. 81–118.
- Molnár Gyöngyvér (2006): *Tudástranszfer és komplex problémamegoldás*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Ruddock, G. J., O'Sullivan, C. Y., Arora, A. és Eberber, E. (2005, szerk.): *TIMSS 2007 assessment frameworks*. TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College, Boston.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Ruddock, G. J., O'Sullivan, C. Y. és Preuschoff, C. (2009, szerk.): *TIMSS 2011 assessment frameworks*. Chestnut Hill, Boston College, Boston.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Smith, T. A., Garden, R. A., Gregory, K. D., Gonzalez, E. J., Chrostowski, S. J. és O'Connor, K. M. (2001, szerk.): *Assessment Frameworks and Specifications 2003*. (2. kiadás) International Study Center, Lynch School of Education, Boston College, Boston.
- Nagy József (1979): Az eredménymérés módszerei és eszközei. In: Ágoston György, Nagy József és Orosz Sándor (szerk.): *Mérési módszerek a pedagógiában*. (3. kiadás) Tankönyvkiadó, Budapest. 27–110.

- Nagy József (1985): *A tudástechnológia elméleti alapjai*. Országos Oktatástechnikai Központ, Budapest.
- Nagy József (1993): Értékelési kritériumok és módszerek. In: Vidákovich Tibor (szerk.): *Pedagógiai Diagnosztika 2*. Alapműveltségi Vizsgaközpont, Szeged. 25–49.
- Nagy József (2008): Az alsó tagozatos oktatás megújítása. In: Fazekas Károly, Köllő János és Varga Júlia (szerk.): *Zöld könyv a magyar közoktatás megújításáért 2008*. ECOSTAT, Budapest. 53–69.
- Nahalka István (2002): *Hogyan alakul ki a tudás a gyerekekben? Konstruktivizmus és pedagógia*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- OECD (1999): *Measuring Student Knowledge and Skills*. OECD Publications, Paris.
- OECD (2003): *The PISA 2003 assessment framework: Mathematics, reading, science and problem solving knowledge and skills*. OECD Publications, Paris.
- OECD (2006): *Assessing scientific, reading and mathematical literacy. A framework for PISA 2006*. OECD Publications, Paris.
- Orosz Sándor (1977): *A tananyag elemzése*. Országos Oktatástechnikai Központ, Veszprém.
- Orosz Sándor (1993): *Pedagógiai mérések*. Korona Kiadó, Budapest.
- Passey, D. (1999): *Higher order thinking skills: An exploration of aspects of learning and thinking and how ICT can be used to support these processes*.
http://www.portal.northerngrid.org/ngflportal/custom/files_uploaded/uploaded_resources/1302/IntroductiontoHOTS.pdf
- Roth, W. M. (1995): *Authentic school science*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht.
- Schecker, H. és Parchmann, I. (2007): Standards and competence models: The German situation. In: Waddington, D., Nentwing, P. és Schanze, S. (szerk.): *Making in comparable standards in science education*. Waxmann, Münster. 147–164.
- Schneider, V. I., Healy, A. F., Ericsson, K. A. és Bourne, L. E. (1995): The effects of contextual interference on the acquisition and retention of logical. In: Healy, A. F. és Bourne, L. E. (szerk.): *Learning and memory of knowledge and skills. Durability and specificity*. Sage Publications, London. 95–131.
- Singely, M. K. és Anderson, J. R. (1989): *The transfer of cognitive skill*. Harvard University Press, Cambridge.
- Sternberg, R. J. (1985): *Beyond IQ: A triarchic theory of human intelligence*. Cambridge University Press, New York.
- Stevenson, H. (1991): The background of mathematics achievements in four countries. Előadás. JATE, Szeged, 1991. szeptember.
- Tulving, E. (1979): Relation between encoding specificity and levels of processing. In: Cemark, L. S. és Craik, F. I. M. (szerk.): *Levels of processing in human memory*. Lawrence Erlbaum, NJ, Hillsdale. 405–428.
- UNESCO (2001): *The training of trainers manual for promoting scientific and technological literacy for all*. UNESCO, Bangkok.
<http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001230/123077e.pdf>
- Wilson, M. R. és Bertenthal, M. W. (2005, szerk.): *Systems for State Science Assessment*. National Academies Press, Washington.
- Wisemann, S. és Tulving, E. (1976): Encoding specificity: Relation between recall superiority and recognition failure. *Juornal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 2. sz. 349–361.