

2.

A természettudományos műveltség és az alkalmazható tudás értékelése

B. Németh Mária

MTA–SZTE Képességfejlesztés Kutatócsoport

Korom Erzsébet

Szegedi Tudományegyetem Neveléstudományi Intézet

Bevezetés

Az utóbbi évtizedekben a természettudományos nevelés céljainak, feladatainak meghatározásában egyre nagyobb szerepet kapnak a társadalmi igények. A társadalom számára releváns tudásban kulcsszerep jut azoknak a képességeknek és ismereteknek, amelyek természettudományi tájékozottságot nyújtanak, lehetővé teszik a tudás alkalmazását a mindennapi életben, támogatják az önálló tanulást, tájékozódást, döntéshozatalt, elősegítik a felelős állampolgárrá válást. A természettudományos nevelés jelentős kutatási irányzata foglalkozik az oktatás társadalmi kérdéseivel, a releváns tudás jellemzőivel, a természettudományos műveltség értelmezésével, a különböző modellek átfogó elemzésével (*Aikenhead*, 2007; *Bybee*, 1997b; *Jenkins*, 1994; *Laugksch*; 2000; *Pella és mtsai.*, 1966; *Roberts*, 2007), a természettudományos műveltséget közvetítő oktatási programok, tanulási környezetek kidolgozásával, elemzésével, értékelésével.

A természettudományos nevelés legnagyobb kihívása, hogy lépést tartson a tudomány és a technika fejlődésével, a modern társadalmi, gazdasági környezet változásaival. Ma már nyilvánvaló, hogy a szaktudományok

felépítését, logikáját követő diszciplináris szemléletű oktatás önmagában nem képes az újabb és újabb tudományos eredményeknek a társadalom változó igényeit kielégítő hatékony közvetítésére. Az empirikus vizsgálatok megmutatták, hogy a természettudományok hagyományos iskolai tanulásával szerzett tudás főleg az elsajátítási környezetben, az adott szaktárgy keretein belül alkalmazható és nehezen transzferálható az iskolán kívüli kontextusokba (Csapó, 1999). A tudás szerveződésére, elsajátítására és alkalmazására vonatkozó kutatások eredményei szerint a működőképes tudás kialakításában nagy szerepe van a gondolkodás és a hatékony tanulás fejlesztésének. Az elmúlt évtizedekben összegyűjtött információk jelzik, hogy a tudás új szituációkban, különböző kontextusokban való alkalmazhatóságát segítik az aktív ismeretszerzést és önálló tanulást támogató módszerek. A hatékony oktatás figyelembe veszi a természettudományok társadalmi beágyazottságát is, a tudás megszerzésének iskolán kívüli színtereit, módjait, és megpróbálja közelíteni a formális iskolai és a természetes, mindennapi közegben végbemenő tanulás folyamatait.

A természettudományos oktatással szembeni gazdasági, társadalmi igényeket a legmarkánsabban az OECD PISA¹ vizsgálatának elméleti keretrendszere képviseli. Számos országban megfigyelhető a törekvés a nemzeti sajátosságoknak, kulturális hagyományoknak megfelelő műveltségkonceptiók kialakítására, a természettudományos nevelést támogató standardok fejlesztésére, a természettudományi tudás/műveltség rendszeres mérésére is.

A fejezet első része utal a természettudományos műveltség értelmezésének változatos formáira, felvázolja a főbb irányvonalakat képviselő, a nemzeti standardokban és a nemzetközi vizsgálatokban megjelenő modelleket, és bemutat néhány konkrét műveltségkonceptiót. A második rész áttekinti a természettudományos műveltség, az elvárt és mérni kívánt tudás szerkezetét, a tantervi és az értékelési követelményeket, valamint értelmezi a tudás alkalmazásának kérdéseit.

¹ OECD: *Organisation for Economic Cooperation and Development* (Gazdasági Együttműködés és Fejlesztés Szervezete);

PISA: *Program for International Student Assessment* (Program a Tanulók Nemzetközi Felmérésére)

A természettudományos műveltség koncepciói

A természettudományos nevelés feladatának mai modern értelmezése a harvardi egyetem elnökéhez és kémiaprofesszorához fűződik. Az 1950-es évek elején Conant (1952) fejtette ki először, hogy a természettudományos és műszaki tények ismerete önmagában viszonylag alacsony szintű tudás, s kiemelte a természettudományok átfogó megértésének fontosságát (Bybee, 1997b). A természettudományok oktatásának alapelveit és feladatait átfogó *scientific literacy* kifejezést Hurd (1958) és McCurdy (1958) alkotta meg. A *scientific literacy* az „iskolai természettudomány” céljait képviselő fogalomként a 20. század második felében terjedt el az angolszász szakirodalom tantervi fejlesztésekről folytatott vitáiban. Azonban a fogalom modern értelmezésére, a gyakorlathoz és más, nem természettudományokhoz való kapcsolására csak később került sor (Roberts, 2007).

Az 1980-as években a *scientific literacy* kifejezést az STS (*Science Technology Society* / Tudomány Technika Társadalom) projektekben, majd az OECD PISA elméleti keretrendszerében a *science literacy* szókapcsolat váltotta fel (Roberts, 2007). Magyar nyelvre mindkét szókapcsolat (*scientific / science literacy*)² természettudományos műveltségként fordítható, de különbség van az elnevezések mögötti tartalomban és hangsúlyokban. A *science literacy* kifejezést a szerzők általában tágabb értelemben használják. A *Project 2061 (American Association for the Advancement of Science – AAAS)* elméleti keretében a természettudományokhoz szorosan kapcsolt műveltség alapelveit jelenti (AAAS, 1983; 1989; 1990; Roberts, 2007). *Maienschein* (1998) elemzése szerint a *science literacy* kifejezéshez a természettudományos és műszaki ismeretek megszerzését középpontba állító értelmezések kapcsolhatók. A *scientific literacy* kifejezést elsősorban a megismerés tudományos formáit és a természeti világról való kreatív gondolkodást kiemelő meghatározások használják.

Napjainkban számos, részleteiben, komplexitásában különböző műveltségfelfogás él egymás mellett (Jenkins, 1994; Roberts, 1983). A sokféle értelmezés áttekintésére, rendszerbe foglalására több kutató is kísérletet tett. Az összegző szakirodalmi munkák a különböző műveltségkonceptiókat változó vezérelvek mentén és szempontok szerint csoportosítják.

² Ritkábban, de hasonló jelentéssel és funkcióval használt kifejezés a *scientific culture* (lásd például Solomon, 1998), illetve a francia nyelvterületeken (pl. Kanadában) a „*la culture scientifique*” (Durant, 1993).

Például *Laugksch* (2000) megállapította, hogy a fogalom- és feladatmeghatározásban, a hangsúlyok kijelölésében döntő tényező a természettudományos nevelésben érintett pedagógusok, szakértők érdeklődése és céljai. Ez alapján az általános és középiskolák tanárai a célokból levezethető készségek, attitűdök és értékek tantervi rögzítésére, továbbá az oktatás fejlesztését szolgáló tudományos eredmények, tanítási módszerek és az értékelés összekapcsolására törekednek. A főként felnőttekkel foglalkozó természettudományos érdeklődésű társadalom- és közvélemény-kutatók, továbbá a szociológusok a tudomány és a technika erejét, valamint a mindennapokban szükséges természettudományos tudást hangsúlyozzák. Az iskolán kívül (pl. a botanikus kertekben, állatkertekben, múzeumokban) természettudományos neveléssel foglalkozók, valamint az írók, újságírók széles társadalmi rétegek és a legkülönbözőbb korcsoportok (gyermekek, tinédzserek, felnőttek, idősek) műveltségének fejlesztésére, a közérthetőségre, az alkalmazható tudás közvetítésére összpontosítanak.

Roberts (2007) műveltségmeghatározásokat áttekintő, rendszerező munkájában elkülöníti (1) a szakképzett tanárok körében gyakori történeti, (2) a tanulók feltételezett szükségleteiből kiinduló, művelség típusokra és -szintekre koncentráló, (3) a műveltség szóra összpontosító, (4) a természettudományokra és a természettudósokra fókuszáló, valamint (5) a mindennapi élet természettudományokhoz kapcsolódó szituációit vagy kontextusait középpontba helyező megközelítéseket. *Roberts* (2007) felosztásában a műveltségkoncepcióknak – a természettudományok és azok egymáshoz való viszonyának értelmezése szerint – két jól elkülönülő csoportja van. Az egyiket a természettudományok tradicionális iskolai oktatásához kapcsolódó, a természettudományok eredményeit és módszereit preferáló *I. Látásmódnak* nevezett műveltségfelfogások alkotják – lásd például *Shamos* (1995) modelljét. A *II. Látásmódot* a célcsoportok mindennapi életében nagy valószínűséggel előforduló természettudományos komponensű, természettudományos elvekhez, törvényekhez köthető szituációk és kontextusok megértését hangsúlyozó modellek képviselik – ilyen például a *Bybee* (1997a) által leírt fogalmi és procedurális műveltségi szint. *Roberts* (2007) rámutat arra, hogy az *I. Látásmód* koncepcióiban a szituáció csak jelképes műveltségelem, a *II. Látásmódban* pedig a természettudományos diszciplínának nem kapnak kellő hangsúlyt.

Aikenhead (2007) a konvencionálisan értelmezett természettudományokra, azok diszciplináris, illetve interdiszciplináris felfogására építő

I. és II. Látásmódok mellett egy harmadik kategória felállítását is javasolja. Ezeket, a természettudományokat más diszciplínákkal (társadalomtudományokkal, például a szociológiával) ötvöző komplex, plurális meghatározásokat *Roberts* nyomán *III. Látásmódnak* nevezi. Ilyen például az STS-projektek műveltségfelfogása (*Aikenhead*, 1994; 2000; 2003b; *Fensham*, 1985, 1988, 1992; *B. Németh*, 2008). A gyakorlatban használt műveltségkoncepciók a *Roberts*-féle Látásmódok egyedi megjelenései, különféle kombinációi (*Aikenhead*, 2007; *Roberts*, 2007).

Holbrook és *Rannikmae* (2009) a műveltségmodellek két pólusát különböztetik meg: a természettudományos tudást (*knowledge of science*) és a természettudományos műveltség (*science literacy*) hasznosságát középpontba állító felfogásokat, melyek között *Gräber* (2000) modellje teremt nézetfolytonosságot. *Gräber* (2000) elemzésében a természettudományos műveltség definíciói folyamatot képeznek a tantárgyi kompetencia (*subject-competence*) és a metakompetencia között. Az egyik végpontot *Shamos* (1995) módszereket és eljárásokat középpontba állító modellje képviseli, a másikat *Bybee* (1997a) a mindennapi élet szituációit és a keresztntantervi kompetenciákat hangsúlyozó elmélete adja.

A változó felfogásban, különböző formában kidolgozott – az idézett szakirodalmi összefoglaló munkákban (*Aikenhead*, 2007; *Gräber*, 2000; *Holbrook* és *Rannikmae*, 2009; *Laugksch*, 2000; *Roberts*, 2007) bemutatott – modellek eltérő megközelítésben, más-más irányelvek mentén jellemzik a természettudományos műveltség-modelleket. Ugyanakkor lényegében mindegyik műveltség-modell azt fejt ki, hogy milyen sajátosságokkal bír, mit tud, illetve mit tud tenni a természettudományokban jártas egyén. A műveltségkoncepciók egy része a fontosnak tartott összetevőket sorolja fel, illetve az azoknak megfelelő különböző műveltségformákat nevezi meg (*leíró műveltségkoncepciók*). Más meghatározások a gondolkodás fejlődésével szerveződő, hierarchikusan egymásra épülő szinteket különböztetnek meg (*fejlődésmodellek*). A harmadik csoportba a természettudományos műveltséget kompetenciafogalommal, kompetencia-modellekkel leíró elméletek sorolhatók (*kompetencia alapú meghatározások*). A továbbiakban a műveltség-felfogások sokféleségének érzékeltetésére a három kategória egy-egy gyakran idézett képviselőjének, köztük a két legjelentősebb nemzetközi felmérésorozat – az IEA TIMSS- és az OECD PISA-program – műveltségkoncepciójának bemutatására kerül sor.

Leíró műveltségkonceptiók

Negyven évvel a *scientific literacy* fogalom megalkotása után Hurd (1998) a természettudományos műveltséget a kultúrában játszott szerepe alapján értelmezi. Hét, a természet és a technika kapcsolatának értelmezéséhez szükséges viselkedésformát nevez meg. Ez alapján a természettudományokban jártas egyén...

- tisztában van azzal, mi a tudás;
- alkalmazza a megfelelő tudományos fogalmakat, alapelveket, törvényeket és elméleteket a világgal való interakciókban;
- használja a természettudományos eljárásokat a problémamegoldásban, a döntéshozásban és a világ megértésében;
- ismeri a természettudományok által hangsúlyozott értékeket;
- megérti és értékeli a természettudományok közös céljait, kapcsolatát egymással és a társadalom különböző aspektusaival;
- egész életén át fejleszti természettudományos tudását;
- rendelkezik számos természettudományi és technikai manipulatív készséggel.

Hurd meghatározásához hasonló műveltségfelfogást tükröz Klopfer (1991) modellje, amelyben a mindenki számára fontos általános tájékozottságot adó természettudományos műveltség magában foglalja az alapvető természettudományos tények, fogalmak, elvek és elméletek ismeretét, azok hétköznapi szituációkban való alkalmazását, a természettudományos vizsgálati eljárások megismerésének és használatának képességét, a tudomány, a technika és a társadalom közötti interakciók természetének átfogó megértését, valamint a természettudományos érdeklődést és attitűdöt.

Klopfer modelljére emlékeztető komponensekből épül fel az ausztrál Nemzeti Értékelési Program – Természettudományos műveltség (NAP–SL³) elméleti hátterét adó, Hackling és Prain által alkotott műveltségmodell. Hackling és Prain (2008. 7. o.; magyarul lásd B. Németh, 2010) a természettudományos műveltséget a természettudományok jellemzőiből, a mindennapi életben való alkalmazást biztosító átfogó fogalmi megértésből, a természettudományi kompetenciákból, a pozitív természettudományi attitűdből és érdeklődésből szerveződő tudásként értelmezi.

3 NAP–SL: *National Assessment Program – Science Literacy* (Nemzeti Értékelési Program – Természettudományos műveltség)

Shen (1975) a természettudományos műveltséget különböző forrásokból, az iskolai és az iskolán kívüli tanulásból származó, a természet-, az orvos- és a műszaki tudományokkal kapcsolatos tudásként írja le. A meghatározó komponensek szerveződése szerint *Shen* három műveltségtípust nevez meg: (1) *gyakorlatias természettudományos műveltséget* (practical science literacy), amellyel megoldhatók a hétköznapi problémái, (2) állampolgári természettudományos műveltséget (*civic science literacy*), amely a természettudományok és az azokhoz kapcsolódó kérdések megértésével biztosítja a társadalmi beilleszkedést, továbbá (3) a tudományos érdeklődést magában foglaló kulturális természettudományos műveltséget (*cultural science literacy*).

Az IEA TIMSS-vizsgálatok által képviselt természettudományos műveltségfelfogás

Az oktatási rendszerek fejlesztésére az egyik legjelentősebb hatással bíró IEA TIMSS⁴ nemzetközi összehasonlító vizsgálatok célja oktatáspolitikai, tantárgy-pedagógiai információk gyűjtése, a tantervi követelmények megvalósulásának, az elsajátított tanterv (*attained curriculum*) színvonalának elemzése (*Olsen*, 2004). A TIMSS-projektek elméleti kereteinek alapja a részt vevő országok hivatalos, a társadalmi elvárásokat indirekt módon közvetítő tantervének (*intended curriculum*) elemzésével előálló nemzetközi kurrikulum-panel (*Mullis és mtsai.*, 2005). A leíró valóságra (*descriptive rationale*) építkező (*Olsen, Lie és Turmo*, 2001) TIMSS-vizsgálatokban mért tudás/műveltség jellemzői a közzétett háttéranyagok, a mérések elméleti keretei alapján azonosíthatók. A felmérések a hagyományosan értelmezett tudományterületekhez kötött tudásra fókuszálnak. A TIMSS-projektek elméleti kereteiből a szakértői tudáshoz közeli szemléletet képviselő, részben *Shamos* (1995) valós természettudományos műveltségre, részben *Laugksch* (2000) tanulásra alapozott, úgynevezett „learned” (tanult), illetve *Roberts* (2007) I. Látásmód kategóriájába sorolható modell körvonalazódik. Az utóbbi két, 2003-ban és 2007-ben

⁴ IEA: *International Association for the Evaluation of Education Achievement*

A TIMSS betűszó önmagában az 1995 és 2007 között lebonyolított négy közös matematika és természettudományos vizsgálatot jelöli (www.timss.bc.edu). Jelentései: 1995-ben TIMSS (*Third International Mathematics and Science Study*); 1999-ben TIMSS-R (*Third International Mathematics and Science Study Repeat*); 2007-től TIMSS (*Trends in International Mathematics and Science Study*).

végzett TIMSS-felmérésekben felfedezhetők *Bybee* (1997a) procedurális felfogására és *Roberts* II. Látásmód csoportjára jellemző elemek is.

Az IEA-társaság felméréseiben a természettudományos műveltséget explicit formában, definíciószerűen egyedül az 1995-ös TIMSS felmérésben, a középiskola végzős tanulóinak (III. populáció) vizsgálatára készült elméleti keret fogalmazza meg. Ebben a természettudományos műveltség a tudományoknak a hétköznapi feladatok megoldásához szükséges megértése. A dokumentum a mindennapi helyzetekben használható tudás három összetevőjét írja le: (1) a különböző diszciplínák⁵ alapjainak ismeretét, (2) a matematikai, a természet- és műszaki tudományok területén való érvelést (*reasoning*), valamint (3) a természettudomány és a technika társadalmi hatásainak, a matematika, természettudomány és a technika társadalmi hasznosságának (*social utility*) ismeretét (*Orpwood* és *Garden*, 1998. 10–11. o.). Az 1995-ös TIMSS-vizsgálatban az utóbbi két RSU (*Reasoning and Social Utility* / Érvelés és társadalmi hasznosság) komponens csak kis súllyal szerepelt, egyrészt azért, mert kevés, 12 item (az összszámban 15,8%-a) képviselte azokat (*Adams* és *Gonzalez*, 1996), másrészt kevés ország középiskolásai oldották meg ezeket az itemeket (*Orpwood*, 2001).

Fejlődésmodellek

A szakirodalmi elemzések többségében (lásd például *Aikenhead*, 2007; *Gräber*, 2000; *Holbrook* és *Rannikmae*, 2009; *Laugksch*, 2000; *Roberts*, 2007) a műveltségkoncepciók két pólusaként említett *Shamos*⁶ és *Bybee*⁷ modelljei a természettudományos műveltséget a gondolkodás fejlődésével összhangban kialakuló tudásstruktúrájának tekintik. A szerveződés mindkettőben egymásra épülő lépésekben valósul meg. Az egyes szintek különböző komplexitású rendszerei más-más bonyolultságú feladat elvégzését teszik lehetővé (*Bybee*, 1997a; *Shamos*, 1995).

Shamos (1995) szerint a legfejlettebb, legmagasabb szintű, *valós természettudományos műveltség* lényege a fő fogalmi sémák birtoklása, az

5 Földtudomány (*Earth science*), Humánbiológia (*Human biology*) és Más élettudományok (*Other life sciences*), Energia (*Energy*) és Egyéb anyagtudományok (*Other physical sciences*).

6 *Shamos* (1995) modellje: I. Látásmód (*Roberts*, 2007); metakompetencia (*Gräber*, 2000)

7 *Bybee* (1997a) modellje: II. Látásmód (*Roberts*, 2007); tárgyi kompetencia (*Gräber*, 2000)

analitikus és a deduktív gondolkodás fontosságának, az értékeknek, valamint a tudományos problémák jelentőségének felismerése (2.1. ábra). Az ilyen átfogó természettudományos tudás létrejöttének feltétele a tudományos kommunikáció elemeit magában foglaló háttértudás, a *kulturális természettudományi műveltség* és az arra épülő, a természettudományos nyelvhasználatot, a folyamatos szóbeli és írásbeli diskurzust különböző helyzetekben biztosító *funkcionális műveltség*. Shamos (1995) a természettudományok oktatásában a tartalmak közvetítésével szemben a logikus gondolkodás, a mennyiségi elemzések, az értelemgazdag kérdésfeltevés és a helytálló bizonyítékokban való megbízás fontosságát hangsúlyozza (Shamos, 1995).



2.1. ábra. Shamos (1995) és Bybee (1998b) hierarchikus fejlődési modelljei

Bybee (1997a) a műszaki és a természettudományos műveltséget a fogalmi gondolkodás fejlődésével hozza összefüggésbe, a természettudomány és a technika jelenségeinek, összefüggéseinek egyre árnyaltabb megértését eredményező, hierarchikusan egymásra épülő rendszerként írja le. A modell szerint (2.1. ábra) a tanuló tudását kezdetben a kevés jelentéssel bíró fogalmak, összefüggések, a tévképzetek és naiv elméletek jellemzik. Ez a *nominális természettudományos műveltség*, a nagyobb fogalmi rendszerek kialakulásával válik behatárolt kontextusokban stabilan használható tudományos eszközkészletté, *funkcionális természettudományos műveltséggé*. A fejlődés következő szintje az egyes tudományterületek és eljárások szerkezetének megértését, a tudásszerzésben és a technika fejlődésében játszott szerepének felismerését lehetővé tevő *procedurális természettudományos műveltség* szerveződése. Végül a természettudomány fő fogalmi rendszerei többdimenziós struktúrákba rendeződésével kiépül a *multidimenzionális természettudományos műveltség*, melynek birtokában már értelmezhetők a különböző tudományterületek, a tudomány, a technika és a társadalom összefüggései, a természettudománynak a kultúrában, a társadalomban játszott szerepe. Bybee (1997a) szerint erre, a legmagasabb szerveződési szintre elsősorban a természettudományokhoz köthető területeken dolgozóknak van szüksége (Bybee, 1997a; B. Németh, 2008).

Bybee procedurális koncepciójához hasonló átfogó, a mindennapi életben való boldoguláshoz szükséges természettudományos műveltség kialakítására való törekvés jelen van az Egyesült Államok 1996-ban készült Nemzeti Természettudományos Nevelésének Standardjaiban (US *National Science Education Standards* – NSES). A Nemzeti Kutatási Tanács (*National Research Council* – NRC) meghatározása szerint a mindenki számára hasznos természettudományos műveltség alapja az egyéni döntéseket támogató természettudományos fogalmak és eljárások ismerete, megértése (NRC, 1996). A természettudományos műveltség lehetővé teszi a populáris (nem tudományos) sajtó tudománnyal foglalkozó, tudományos eredményekről beszámoló cikkeinek megértését és a következtetések érvényességéről folyó társadalmi diskurzusokba való bekapcsolódást. A természettudományos műveltség magában foglalja a nemzeti és a helyi döntéseket megalapozó tudományos kijelentéseket, valamint a természettudományi és a műszaki tájékozottságra épülő állásfoglalásokat. A természettudományokban művelt polgár képes leírni, magyarázni a természeti jelenségeket, meg tudja ítélni a természettudományos infor-

máció értékét a forrás és a keletkezés módja alapján, képes a bizonyítékkal alátámasztott érveket rendezni, értékelni, továbbá azokat alkalmazni (NRC, 1996. 22. o.; B. Németh, 2010).

A 2005-ben megjelent, átdolgozott értékelési keret a természettudományos műveltség részeként határozza meg a természettudomány történetének, a gondolkodás természettudományos formáinak, a természettudomány társadalmi és egyéni perspektíváinak, valamint a természettudományos kezdeményezések jellemzőinek ismeretét. Mérési szempontból három elemet emel ki: (1) a természettudományos ismereteket, (2) a természettudományos gondolkodást, (3) a természettudományos megismerés sajátosságainak megértését és alkalmazását (Wilson és Bertenthal, 2005. 38–39. o.).

„Az iskolai természettudomány NSES-ben megjelölt céljai szerint az oktatásban részesülő tanulóknak tudniuk kell...

- (i) helyesen használni a tudományos alapelveket és eljárásokat saját döntéseikben;
- (ii) átérezni a tudásról való tudás és a természeti világ megértésének sokféleségét és érdekességét;
- (iii) fokozni saját gazdasági produktivitásukat;
- (iv) értelmesen bekapcsolódni a közélet diskurzusaiba, valamint a természettudomány és a technika kapcsolatának megvitatásába.” (Lederman és Lederman, 2007. 350. o.).

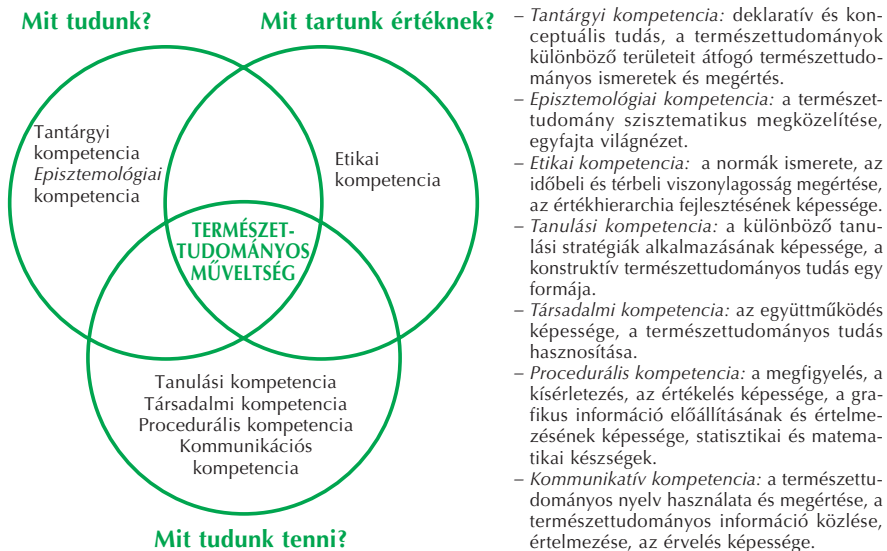
A *Bybee-modell* hatása felfedezhető az OECD PISA és az UNESCO osztálytermi tevékenységhez kapcsolódó természettudományos és technikai műveltségkoncepciójában (*Scientific and Technological Literacy – STL*) is. Az UNESCO például megkülönböztet:

- *nominális STL-műveltséget* (a tanuló képes azonosítani a természettudományos szakkifejezéseket és fogalmakat);
- *funkcionális STL-műveltséget* (a tanuló ismeri a fogalmakat, de csak korlátozott mértékben érti azokat);
- *strukturális STL-műveltséget* (a tanuló érdekelt egy természettudományos fogalom tanulásában, és tapasztalatai alapján helyesen értelmezi azt);
- *multidimenzionális STL-műveltséget* (a tanuló érti a természettudomány más diszciplínák között elfoglalt helyét, ismeri a természettudományok történetét és jellemzőit, ismeri a természettudomány és a társadalom közötti interakciókat. A műveltség e szintje kifejleszti és megerősíti az élethosszig tartó tanulást, melynek során az egyének

fejlesztik és fenntartják tanulás iránti igényüket, valamint olyan készségekre tesznek szert, amelyek révén kérdéseket tudnak feltenni és megfelelő válaszokat tudnak megfogalmazni (UNESCO, 2001. 21. o.).

Kompetencia alapú megközelítések

A műveltségkonceptiók harmadik nagy csoportja a természettudományos műveltség komplexitását, a feladatmegoldáshoz szükséges tudás összetettségét hangsúlyozza, s az alapvetőnek tartott, elvárt tevékenységeket kompetenciamodellekkel jellemzi. Az egyik leggyakrabban idézett ilyen megközelítés Gräber (2000) modellje, melynek alaptétele, hogy a komplex világunk kihívásaira felkészítő természettudományos műveltség a feladatok megoldásához szükséges kompetenciákból szerveződik. A modellben a természettudományos műveltség három – a „Mit tudunk?”, „Mit tartunk értéknek?” és a „Mit tudunk tenni?” – kérdéskörhöz tartozó kompetenciák metszete, a tantárgyi, az episztemológiai, az etikai, a tanulási, a társadalmi, a procedurális és a kommunikációs kompetenciák komplex rendszere (2.2. ábra).



2.2. ábra. A természettudományos műveltség modellje (Gräber, 2000. 106. o.)

A kompetenciafogalommal nemcsak elméleti műveltségmodelleket építenek, hanem használják a különböző műveltségkoncepciók rendszerbe foglalására és a műveltség fejlődési szintjeinek leírására is. *Klieme* és munkatársai *Weinert* (2001)⁸ kompetenciaelméletét használva leírták a természettudományos kompetenciákat, majd csoportosították a műveltségkoncepciókat (*Klieme és mtsai.*, 2003; magyarul lásd *B. Németh*, 2010). Az oktatás céljai és a valós, konkrét problémák összekapcsolása alapján négy csoportot – normatív, struktúra-, fejlődés- és leíró műveltségmodelleket – különböztettek meg. Ebben a megközelítésben az IEA TIMSS elméleti keretrendszere leíró, *Bybee* (1997a) procedurális megközelítése normatív modell (*Schecker és Parchmann*, 2006. 49. és 52. o.). A német Nemzeti Képzési Standardok (*Nationale Bildungsstandards* – NBS) a természettudományok oktatásának elveit és tradicionális területeit képviselő normatív modellt használva fogalmazzák meg három diszciplína (biológia, fizika, kémia) esetében az alsó középiskola (10. évfolyam) végére elvárt követelményeket (*Schecker és Parchmann*, 2007; magyarul lásd *B. Németh*, 2010).

Szintén a kompetencia fogalmára építve jelölik ki Tajvan tantervi standardjai a tanulóktól elvárt követelményeket a különböző oktatási szakaszok végén. Tajvan tantervi standardjai kompetenciaindikátorokkal jellemzik a 2., 4., 6., és 9. évfolyamok végére teljesítendő tudást/műveltséget: (1) műveleti képességek (*process skill*), (2) a természettudomány és a technika megismerése (*cognition of science and technology*), (3) a természettudomány jellemzői (*nature of science*), (4) a technika fejlődése (*development of technology*), (5) természettudományos attitűdök (*scientific attitudes*), (6) gondolkodási formák (*habits of thinking*), (7) a természettudomány alkalmazásai (*applications of science*), (8) tervezés és alkotás (*design and production*) (*Chiu*, 2007; *B. Németh*, 2010).

Az OECD PISA definíciója

Az egyik legismertebb, legnagyobb hatású kompetencia alapú műveltségmodellt az OECD PISA dolgozta ki. A koncepció kiindulópontja – szemben az IEA TIMSS felmérésekével – nem a tanterv által előírt, illetve a tanított tananyag, hanem a szakértői csoport (*Functional Expert Group*) által leírt, a mindennapi életben való boldoguláshoz szükséges természet-

⁸ *Weinert* az OECD-PISA fogalmi rendszerének megalapozója, az OECD-DeSeCo programban a kulcskompetenciák egyik kidolgozója (*Weinert*, 1999; 2001a; 2001b).

tudományos műveltség. A fogalomértelmezés a *Roberts*-féle I., II. és III. Látásmód sajátos kombinációja (*Tiberghein*, 2007), s egyes elemei *Bybee* (1997a) procedurális műveltségi szintjének feleltethetők meg. A modell a gazdasági, társadalmi elvárásoknak megfelelő, a munkaerőpiacra való belépéshez szükséges meghatározó jelentőségű tudást és kompetenciákat írja le (*Olsen, Lie és Turmo*, 2001). A definíció szerint a természettudományos műveltség a mindenki számára szükséges hétköznapi eszköztudás, az alapvető természettudományos tények, fogalmak, elvek, eljárások ismerete és megértése, valamint az azok alkalmazásához szükséges gondolkodási műveletek szervezett rendszere, a tájékozottságon alapuló döntéshozás, következtetések megfogalmazása, amely „általános tájékozottságot, biztonságos eligazodást, áttekintést, a nagy összefüggések átlátását, alkalmazható tudást jelent” (*OECD*, 2000; 9. o. idézi *Csapó*, 2002. 19. o.; *Csapó*, 2008. 18. o.).

A műveltségfogalom a 2006-os felmérésben – ekkor a természettudományos műveltség volt a PISA kiemelt területe – kiegészült a természettudományhoz és technikához kapcsolódó *attitűddel*, amit mint természettudományos érdeklődést, a természettudományos kutatás támogatását, továbbá mint a felelős viselkedést, a természet és annak kutatása iránti motivációt értelmeztek (*OECD*, 2006. 35–36. o.; *B. Németh*, 2008; *B. Németh, Korom és Nagy L.-né*, 2011).

A Természettudományos Szakértői Csoport (*Science Expert Group*) meghatározása szerint a természettudományos műveltség...

- a természettudományos ismeretek alkalmazása kérdések azonosításában, új tudás megszerzésében, a természettudományos jelenségek magyarázatában és a bizonyítékokra alapozott következtetések megfogalmazásában;
- a természettudomány jellemző sajátosságainak mint az emberi tudás és kutatás egyik formájának megértése;
- a természettudomány és a technika anyagi, szellemi és kulturális környezetet alakító hatásainak ismerete;
- hajlandóság a természettudományokhoz kapcsolódó kérdésekkel, természettudományos elméletekkel való foglalkozásra (*OECD*, 2006. 23. o.).

Az átfogó szakirodalmi elemzések megmutatták, hogy a természettudományos műveltség koncepciói az oktatási rendszerek hivatalos tanügyi dokumentumaiban, a mérési programok elméleti kereteiben a természet-

tudományok egymással, illetve más tudományterületekkel (például a társadalomtudományokkal) való kapcsolata szerint igen sokfélék (*Aikenhead*, 2007; *Roberts*, 2007). Az oktatási, nevelési és értékelési célokat szolgáló dokumentumok (elméleti keretek, standardok) alapját valamely explicit (pl. az ausztrál, német standardok) vagy implicit (pl. az Amerikai Egyesült Államok standardjai, IEA-vizsgálatok elméleti keretei) formában használt műveltségmodell képezi. Az elméleti munkák a műveltséget a természettudományokban jártas egyén jellemzésével, az elvárt aktivitások körének megadásával, a kívánt tevékenységet azonosító paraméterek (tartalmi, kognitív és kontextuális dimenziók) meghatározásával és az affektív sajátosságokkal (pl. érzelmi viszonyulás) írják le.

A természettudományos műveltség értékelése

A szinte áttekinthetetlenül sokféle koncepcióban közös, hogy a természettudományos műveltséget működőképes, különböző szituációkban használható, az aktuális problémák megoldását lehetővé tevő tudásként definiálja. A feladatokat sikeres végrehajtásához tudni kell, hogy mivel mit kell tenni, és az adott tevékenységet végre is kell tudni hajtani. Közismert, hogy az ismerős környezet (szituáció) segíti a feladatmegoldást. Tanuláskor ugyanis az ismeretekkel együtt a tanulás körülményei is rögzülnek, és a feladatok megoldásához szükséges tudás előhívását a tanulási és a felhasználási szituáció hasonlósága befolyásolja (*Tulving*, 1979; *Wisemann* és *Tulving*, 1976). A közvetíteni és/vagy mérni kívánt tudás/műveltség tehát az elvárt aktivitáshoz szükséges ismeretek és készségek, képességek vagy kompetenciák, valamint a szituációk, a tevékenység körülményeinek meghatározásával, a tartalmi, a kognitív és a kontextusdimenziók megadásával írható le.

Az intézményes oktatás egyik alapproblémája a tanulási szituációtól eltérő helyzetekben, ismeretlen feladatok megoldásában is alkalmazható tudás közvetítése. A természettudományos és műszaki tudás a „Mit?“, a „Hogyan?“ és a „Hol, milyen körülmények között tudni?“ kérdésekre adott válaszokkal írható le (*Bybee*, 1997a). Az oktatási célok és a tanulói teljesítmények operacionalizálása leggyakrabban a tanulás és a tudás tárgyának (tartalmának, az ismereteknek – Mit tudni?) és a kognitív mechanizmusoknak (Tudni, hogyan?) a rögzítésével történik (pl. az IEA

TIMSS-vizsgálatokban). Viszonylag kevés a háromdimenziós, a transzfert vagy a kontextust integráló taxonómia (ilyen pl. a PISA, lásd *OECD*, 2000; 2006).

Az értékelés tartalmi kérdései

A tevékenység tárgyának (tartalom) leírására a szakirodalomban két megoldás ismert. Az elvárt, illetve mérni kívánt tudás operacionalizálását segítő elméleti munkákban az egyes kategóriákat az ismeretek típusai adják. Például *Báthory Zoltán* (2000) tényeket, fogalmakat, összefüggéseket, *Anderson és Krathwohl*, (2001), illetve *Anderson* (2005. 10. o.) tényeket, fogalmakat, valamint a procedurális és a metakognitív tudás tartalmi elemeit különbözteti meg.

A tartalmak széles skáláját átfogó tantervi és értékelési standardok, értékelési keretrendszerek az ismereteket a műveltségdefiníciónak megfelelő általános szempontok, a természettudományok diszciplínái, illetve azok integrált tematikus egységei szerint kategorizálják. Az átfogó kategóriákat többszintű, a konkrét tudástartalmakat megjelölő rész témákra bontják. Például *Kloppfer* a következő fő tartalmi kategóriákat különbözteti meg: A sejt szerkezete és funkciói, Kémiai változások, Elektrokémia, Hang, Dinamika, Naprendszer, Óceanográfia, a Természettudományok jellemzői és szerkezete (*Kloppfer*, 1971. 561–641. o.).

Az Amerikai Egyesült Államokban a Nemzeti Természettudományos Nevelés Standardok (NSES) szervező elveit a „Tudomány története és természete”, a „Tudomány és a technika személyes és társadalmi perspektívái”, az „Élet-, az anyagtudományok”, valamint a „Föld és a világűr” témakörök adják (*Ellis*, 2003. 39. o.). Az NSES a tartalmak nyolc kategóriáját különbözteti meg: (1) Vizsgálódás (*Inquiry*), (2) Fizika (*Physical Science*), Biológia (*Biological Science*), Föld és a világűr (*Earth and Space*), Átfogó fogalmak és eljárások (*Unifying Concept and Process*), Tudomány és technika (*Science and Technology*), Tudomány a társadalmi és a személyi távlatokban (*Science in Social and Personal Perspectives*), A természettudomány története és jellemzői (*History and Nature of Science*) (*NRC*, 1996.).

Az ausztrál Nemzeti Mérési Programban a természettudományos műveltség az állami és területi tantervek alapján négy tartalmi területet fed

le: (1) A Föld és azon kívül (*Earth and Beyond*), (2) Energia és változás (*Energy and Change*), (3) Élet és élő (*Life and Living*), (4) Természetes és mesterséges anyagok (*Natural and Processed Materials*) (MCEETYA, 2006. 83. o.). Tajvanon a mérendő tartalmak rendszerét öt területtel fedik le: (1) A természet alkotóelemei és tulajdonságai (*Composition and properties of nature*), (2) A természet hatása (*Effect of nature*), (3) Evolúció és folytonosság (*Evolution and continuity*), (4) Élet és környezet (*Life and environment*), (5) Fenntartható fejlődés (*Sustainable development*). Az öt alapkategória további tagolása átfogó, könnyen áttekinthető rendszert ad. Például „A természet hatása” fő terület „Változás és egyensúly” (*Change and equilibrium*) altémája a „Mozgás és erő” (*Movement and force*), „Kémiai reakciók” (*Chemical reaction*), „Kémiai egyensúlyok” (*Chemical equilibrium*) ismeretsportokat foglalja magában (Chiu, 2007. 311. o.).

A három, hagyományos természettudományos diszciplína követelményeit rögzítő német Nemzeti Képzési Standardokban (NBS) a tartalmi dimenziót alapfogalmaknak (*basic concepts*) nevezik. Az alapkategóriák a biológia, a fizika és a kémia tudományterületének klasszikus kérdései. A fizika standardjaiban rögzített ismeretek például az Anyag (*matter*), az Energia (*energy*), a Kölcsönhatás (*interaction*) és a Rendszer (*system*) témakörökhöz tartoznak (Schecker és Parchmann, 2007).

Az IEA-társaság természettudományos felméréseinek tartalmi dimenziója szintén követi a természettudományos diszciplínák szerinti tagolódást. Valamennyi eddigi vizsgálat tematikus egységei között jelen van a biológia/élettudomány (*Biology/Life science*), a földtudomány (*Earth science*) és a két anyagtudomány (*Physical sciences*), a kémia és a fizika. A hagyományosan értelmezett természettudományokat képviselő kategóriák az 1995-ös TIMSS-ben a „Környezeti kérdések és a tudomány természete” (*Environmental issues and the nature of science*), az 1999-es TIMSS-ben a „Környezeti és erőforrásokkal kapcsolatos kérdések” (*Environmental and resource issues*), valamint a „Tudományos kutatás és a tudomány jellemzői” (*Scientific inquiry and the nature of science*). Ezek a 2003-as TIMSS-ben a „Környezettudomány” (*Environmental sciences*) témakörökkel egészülnek ki. A tartalmi dimenzió fő- és alegységei, illetve azok arányai az évek során alig változtak. Bár a legutóbbi két felmérésben a vizsgált területek közel azonos súllyal szerepeltek, összességében a biológia (vagy élettudomány) és a fizika túlsúlya jellemző (Beaton és mtsai,

1996; Keeves, 1992a. 64. o.; Martin és mtsai., 2000; Mullis és mtsai., 2001. 37–70. o.; 2005. 41–77. o.; 2009. 50. o.; B. Németh, 2008).

A PISA vizsgálatokban olyan tartalmi tudáselemek kiválasztása volt a cél, amelyek relevánsak, hasznosak az életszerű szituációkban, reprezentálják az alapvető természettudományos ismereteket, és fontosak a munkaerőpiacon (OECD, 1999. 63. o.; 2006. 32–33. o.). A PISA vizsgálatokban nem kiválasztási szempont sem az előírt, sem a tanított tananyag, azonban a kijelölt tartalmak egy része jelen van a részt vevő országok természettudományos tantárgyainak témaköreiben (Olsen, Lie és Turmo, 2001).

Az első két (2000-ben és 2003-ban lebonyolított) PISA-vizsgálat ismeret dimenzióját a mindennapokban lényeges, környezetünk bizonyos jellemzőinek értelmezéséhez, magyarázatához szükséges integráló fogalmakból, ismeretelemekből álló tizenhárom, a természettudományos diszciplínákhoz kapcsolható témakör alkotja. Például: „Kémiai és fizikai változások” (*Chemical and physical changes*), „Erő és mozgás” (*Forces and movement*), Humánbiológia (*Human biology*), Légköri változások (*Atmospheric change*) stb. (OECD, 1999. 64. o.; 2003. 136. o.; B. Németh, 2008).

A 2006-os PISA vizsgálatban, amikor a természettudomány volt a kiemelt műveltségterület, a mért tartalmat a természet megértéséhez szükséges, a természetről és a természettudományról szóló ismeretek rendszere adta. Az *Ismeret* dimenzió két nagy területének, a természettudományos ismereteknek, illetve a természettudományra vonatkozó ismereteknek az aránya a tesztekben 3:2 volt (OECD, 2006). A természettudományos ismeretek kategóriát a természettudomány négy fő területének a Fizikai rendszerek az Élő rendszerek, a Föld és a világegyetem, valamint a Technológiai rendszerek (*Physical systems, Living systems, Earth and space systems, Technology systems*) tematikus egységei alkotják. Az Élő rendszerek terület például a Sejtek, az Ember, a Populációk, az Ökoszisztémák és a Bioszféra (*Cells, Humans, Populations, Ecosystems, Biosphere*) témakörökből épült fel. A természettudományok jellemzőinek ismerete (*knowledge about science*) kategória két témát érintett: a természettudományos magyarázatokat (*scientific explanations*) és a tudományos vizsgálódást (*scientific inquiry*). Ez utóbbi részterületei például a mérések (*measurements*), az adatok típusai (*data type*), az eredmények jellemzői (*characteristics of results*) stb.

Az értékelés kognitív dimenziója

Valamennyi műveltségmodell a természettudományos műveltséget – szemlélettől, hangsúlyoktól, formától függetlenül – alkalmazható tudásként határozza meg. Az alkalmazás fogalmát sokan és sokféle felfogásban használják. Például *Sternberg* (1985) a kreatív gondolkodás hét lépése között negyedikként az alkalmazást (*application*) jelöli meg, és a régi, valamint az új fogalmak extrapolációjával való szabályalkotásként értelmezi. *Passey* (1999) az absztrakcióval és a transzferrel állítja párhuzamba.

A neveléstudományban az alkalmazás fogalmát általában a működés, a tudás eszközként való használatának szinonimájaként használják. A különféle értelmezések rendszerint a feladatok elvégzéséhez szükséges tevékenységekhez kötik (számolás, értelmezés, ábrázolás, összekapcsolás, módosítás, kiegészítés, bizonyítás stb.; pl. *Anderson és Krathwohl*, 2001; *Mullis és mtsai.*, 2005. 41–77. o; *Nagy*, 1979). *Huit* (2004) az alkalmazást mint az adatoknak és alapelveknek a problémák vagy feladatok megoldásában való használatát, továbbá mint szelektálást és transzfert definiálja. Egy másik megközelítésben⁹ az alkalmazás az információ (szabályok, módszerek, elméletek) szelektálása és használata új és konkrét kontextusban, feladatok és problémák megoldásában. *Nagy József* (1979) értelmezésében az alkalmazás operatív (átalakító) és kognitív (megismerő) tevékenység.

A neveléstudományi szakirodalom azt a tudást tekinti alkalmazhatónak, amelynek segítségével eredményesen kezelhetők az aktuális és konkrét helyzetek. Ebben az értelmezési keretben a természettudományos műveltséget mint alkalmazható tudást a „Hogyan kell tudni?“, a „Mit kell tudni tenni?“ kérdésekre adott válaszok jellemzik. A kívánt viselkedést különböző kognitív taxonómiák foglalják hierarchikus rendszerbe. Az alkalmazás számos taxonómiában önálló, az *apply*, *applying*, *application* (alkalmazás, alkalmaz) angol szavakkal jelölt kategória (lásd pl. az IEA Első Nemzetközi Természettudományos Vizsgálatát – *Commbers és Keevs*, 1973; *Mullis és mtsai.*, 2009. 50. o.; továbbá *Anderson és Krathwohl*, 2001; *Bloom*, 1956; *Madaus és mtsai.*, 1973). A tantervi és értékelési standardok a kognitív aktivitást leggyakrabban a Bloom-taxonómiára emlékeztető, annak továbbfejlesztett változatával és kompetenciamodellekkel írják le.

9 Letölthető: <http://www.lifescied.org/cgi/content/full/1/3/63>

Bloom (1956) rendszerét sokan bírálták, s bírálják ma is, azonban átdolgozott formában még többen használták és használják az oktatási célok és értékelési szempontok kidolgozásában. *Bloom* szisztematikus, taxonómikus szemléletet megalapozó hierarchikus rendszerének alsó három szintje, az ismeret (*knowledge*), a megértés (*comprehension*) és az alkalmazás (*application*) kisebb terminológiai (például *knowledge/recall*; *comprehension/understanding*) és értelmezési módosításokkal lényegében ma is jelen van az elméleti keretrendszerekben. A szakirodalom főként a magasabb rendű gondolkodási műveletek, az analízis, a szintézis és az értékelés értelmezhetőségét, megkülönböztethetőségét és viszonyát vitatja. Például *Anderson és Krathwohl* (2001) modellje az értékelés és az általuk alkotásnak (*creating*) nevezett szintézis sorrendjét cseréli fel. *Madaus és munkatársai* (1973) az analízist és a szintézist, *Huit* (2004) a szintézist és az értékelést, *Johnson és Fuller* (2006) mindhármat azonos nehézségi szintű tevékenységeknek tekinti. *Johnson és Fuller* (2007. 121. o.) a hierarchia csúcán egy újabb kategóriát határoz meg, és azt magasabb szintű alkalmazásnak (*higher application*) nevezi.

Az IEA-vizsgálatok során a Bloom-taxonómia alapján kialakított műveleti rendszert használják. Az Első (*First International Science Study – FISS*) és a Második Nemzetközi Természettudományos Vizsgálat (*Second International Science Study – SISS*) kognitív dimenziója például az ismeret, a megértés, az alkalmazás és a magasabb rendű gondolkodási műveletek szintekből állt (*Báthory*, 1979; *Commbers és Keevs*, 1973). A 2003-as és a 2007-es IEA TIMSS-vizsgálat három kognitív kategóriája más-más terminológiával, de lényegében ugyanazokat a műveleteket foglalja össze. A ténytudás/ismeret (*factual knowledge/knowing*) kategória nevében is, a fogalmi megértés/alkalmazás (*conceptual understanding/applying*) és a magasabb rendű műveleteket felsorakoztató érvelés és elemzés/érvelés (*reasoning and analysis/reasoning*) kategóriák pedig a tartalmukban hordozzák a bloomi alapokat (*Mullis és mtsai.*, 2001. 37–70. o.; 2005. 41–77. o.). E három szint műveleteinek¹⁰ többsége – különböző súllyal – valamennyi IEA felmérés elméleti keretrendszerében megtalálható. Az alkalmazás (*application/applying*) a kognitív dimenzió kö-

¹⁰ *Ténytudás/ismeret*: tények, információk, összefüggések, eszközök, eljárások ismerete, használata, összefüggések megértése – *Fogalmi megértés/alkalmazás* például: összefüggések megértése, hasonlóságok és különbségek felfedezése, magyarázatok megfogalmazása – *érvelés és elemzés/érvelés* például: folyamatok értelmezése, problémák elemzése és megoldása, vizsgálatok kivitelezése stb.

zépső kategóriája a FISS, a SISS, a 2007-es és a 2011-re tervezett TIMSS felmérésekben (Commbers és Keevs, 1973; Keeves, 1992a; Mullis és mtsai., 2005. 41–77. o.; 2009. 88–89. o.).

A kognitív szemlélet terjedését és a műveltségfelfogás változását jelzi, hogy a 2003-as, a 2007-es és a 2011-re tervezett TIMSS felmérésekben lényegesen csökkent (69–70%-ról 30%-ra) az ismeret szintű tudást (az egyszerű és az összetett információk megértését, illetve a ténytudást) mérő ítemek aránya, s megjelent a következtetések levonása, az általánosítás, a magyarázatok igazolása, megoldások igazolása és értékelése, példák felsorolása (lásd B. Németh, 2008. 5. és 6. táblázat; Mullis és mtsai., 2009. 50. o.). A tudásról való gondolkodás változását mutatja az is, hogy a legutóbbi három TIMSS-vizsgálatban felfedezhetők a PISA programban is szereplő kategóriák, például a tudományos vizsgálódás, a tudományos eredmények kommunikálása, a tudományos eredmények sajátosságainak ismerete, a természettudomány, a matematika és a technika kölcsönhatásainak megértése, következtetések megfogalmazása (Mullis és mtsai., 2001. 69. o.; 2005. 76. o.; 2009. 88–89. o.). E kategóriák értelmezése közel áll a PISA-vizsgálatokban megjelenő tudáselemekhez, azonban súlyuk csekély (Olsen, 2005. 26. o.).

A PISA programban a mérni kívánt tudás művelti, kognitív dimenzióját kompetenciák rendszere alkotja. Az első két vizsgálatban, mivel a korlátozott keretek nem tették lehetővé a műveltségkonceptió lefedését, a természettudományos eljárásoknak (*scientific process*) nevezett kognitív dimenzió a természettudományos gondolkodás és a tudás alkalmazásának konkrét folyamatai közül válogat átfogó szintek felállítása nélkül. Olyan tevékenységeket jelöl meg, mint például a fogalmak, jelenségek és bizonyítékok értelmezése (*interpreting scientific concepts, phenomena and evidence*); következtetések megfogalmazása vagy megítélése (*drawing or evaluating conclusions*); tudományos vizsgálatok megértése (*understanding scientific investigations*) (OECD, 1999. 62. o.; 2003. 137. o.). A 2006-os PISA-felmérés három nagy kompetenciakategóriát határozott meg: a (1) tudományos kérdések azonosítása (*identifying scientific issues*), (2) jelenségek tudományos magyarázata (*explaining phenomena scientifically*) és (3) tudományos bizonyítékok használata (*using scientific evidence*).

A normatív kompetenciamodellre felépített német műveltségkonceptiót lefedő Nemzeti Képzési Standardok (NBS) az elvárt képességeket, tevékenységeköröket négy kompetenciatérülettel írják le: (1) tárgyi tudás

(*subject knowledge*), (2) az ismeretelméleti és (3) a módszertani tudás alkalmazása (*application of epistemological and methodological knowledge*), valamint (4) a kommunikáció, megítélés, véleményalkotás (*judgment*) (Schecker és Parchmann, 2007).

Az ausztrál NAP–SL struktúrája a többi nemzeti standardhoz hasonló elemeket tartalmaz, de más elméleti megfontolásokból indul ki, és három tevékenységgörte különít el: (1) kutatási kérdések és hipotézisek megfogalmazása és felismerése; vizsgálatok tervezése és bizonyítékok gyűjtése; (2) bizonyítékok értelmezése és következtetések megfogalmazása saját és mások adatainak felhasználásával; a bizonyítékok hitelességének kritikája, az eredmények kommunikálása; (3) a természeti jelenségek tudományos leírása és magyarázata, továbbá a jelenségekről készült leírások értelmezése (MCEETYA, 2006. 3–4. o.). A három tevékenységgörte magában foglalja a természettudományos műveltség PISA-vizsgálatokban meghatározott elemeit – a természettudományos kutatási kérdések és a bizonyítékok felismerése, következtetések megfogalmazása, értékelése és kommunikálása, a fogalmak megértésének demonstrálása – (MCEETYA, 2006; OECD, 1999).

Mindhárom tevékenységgörte hat nehézségi szintre tagolódik, melyek elméleti háttérét a Piaget (1929) kognitív fejlődéselméletére alapozott, kvalitatív értékelési modell, a Biggs és Collis (1982) által kidolgozott SOLO-taxonómia adja (*Structure of Observed Learning Outcomes taxonomy* – Megfigyelt Tanulási Eredmények Szerkezete). Biggs és Collis (1982) abból indult ki, hogy a fogalmak és a képességek fejlődésének természetes, életkorfüggő, egymásra épülő stádiumai vannak. A tanulás során végbenő kvalitatív és kvantitatív változások, a megértés szintjének növekedése, a struktúra összetettségének változása tükröződik a tanulói teljesítményekben. A modell a válaszok minőségét – a komplexitás és az absztrakció mértéke szerint – Piaget (1929) kognitív fejlődési stádiumaival¹¹ analógiát mutató öt szintbe sorolja: struktúra előtti (*pre-structural*), egyszerű struktúrájú (*unistructural*), multistrukturális (*multistructural*), relációs (*relational*) és kiterjesztett absztrakt (*extended abstract*) (Biggs és Collis, 1982; Biggs és Tang, 2007).

A NAP–SL a három tevékenységgörtományt a SOLO-taxonómia középső három (egyszerű, összetett és összefüggő) szintjének konkrét és

¹¹ Szenzomotoros, ikonikus, konkrét és formális.

absztrakt formáit megkülönböztetve hat, az 1–6. évfolyamos tanulók fejlettségét tükröző szintre bontja. Ezek a következők:

1. szint: konkrét egyszerű struktúra (*concrete unistructural*): konkrét, egyszerű válaszok egy adott helyzetben;
2. szint: konkrét összetett struktúra (*concrete multistructural*): konkrét, összetett válaszok különböző, független helyzetekben;
3. szint: konkrét összefüggés (*concrete relational*): konkrét, összefüggő válaszok, általánosítás;
4. szint: absztrakt egyszerű struktúra (*abstract unistructural*): absztrakt fogalmi rendszerek használata adott helyzetben;
5. szint: absztrakt összetett struktúra (*abstract multistructural*): absztrakt fogalmi rendszerek használata különböző, független helyzetekben;
6. szint: absztrakt összefüggések (*abstract relational*): absztrakt fogalmi rendszerek használata az általánosításban (MCEETYA, 2006. 81–82. o.)

A tudás alkalmazásának körülményei, az értékelés kontextusa

Napjainkban széles körű gazdasági és társadalmi elvárás a különböző forrásokból, iskolai és iskolán kívüli tanulásból származó, valós élethelyzetekben működőképes tudás. Szakirodalmi elemzések szerint a természettudományok hagyományos iskolai oktatása, a tiszta természettudományt (*pure science*) tartalmazó tantervek kevés tanulónak nyújtanak a hétköznapi életben használható tudást (Calabrese Barton és Yang, 2000; Rennie és Johnston, 2004; Roth és Désautels, 2004; Ryder, 2001), a többség azt a természettudományokhoz köthető nem tanórai szituációkban, személyes tapasztalatokon keresztül szerzi meg (Aikenhead, 2006; Rennie, 2006). Az iskolában szerzett tudás hétköznapi alkalmazhatóságának gyakran átélt nehézségei jórészt az elsajátítási és a felhasználási szituáció különbözőségeiből adódnak (Csapó, 2002). Tanuláskor ugyanis az emberi gondolkodás és tevékenység adaptálódik a környezethez (Clancey, 1992), az információfeldolgozás során az elsajátítandó tudáselemből (ismeret, készség, képesség) és kontextusból álló emléknym keletkezik (Wisemann és Tulving, 1976). Wisemann és Tulving bizonyítékot találtak arra, hogy a memóriaelemek aktiválását a tárolt és az előhíváskor elérhető

információ viszonya, a tanulás és a felhasználás kontextusának hasonlósága befolyásolja (Tulving, 1979). Ez alapján a tudás aktiválása az elsajátítással azonos vagy ahhoz hasonló szituációkban könnyebb, mint ismeretlen, a memóriában nem reprezentált környezetben. A tudás szituatív jellege (Clancey, 1992), kontextushoz kötöttsége befolyásolja, bizonyos esetekben segíti, másokban gátolja annak különböző feladathelyzetekben való használhatóságát (Schneider, Healy, Ericsson és Bourne, 1995). A dekontextualizált, tapasztalathányos iskolai tanulás nehézségeket okoz(hat) az iskolában szerzett tudás megértésében és tanórán kívüli alkalmazásában (Csapó, 2001). A működőképes tudást előíró követelményeknek ezért az alkalmazás kontextusát is rögzíteni kell.

A közvetített és az elvárt tudás tartalmi és kognitív dimenzióinak taxonimizálása több évtizedes hagyományokkal rendelkezik (lásd pl. Klopffer, 1971; Combers és Keevs, 1973; Beaton és mtsai., 1996a; Báthory, 2000; Anderson és Krathwohl, 2001; Mullis és mtsai., 2001, 2005; 2009), a kontextusok részletes leírására csak ritkán kerül sor. A tartalmi és értékelési követelmények többsége a tudásalkalmazás körülményeit vagy új, ismert, ismeretlen, életszerű, realisztikus, autentikus, valós, mindennapi jelzőkkel illeti konkrét paraméterek megnevezése nélkül. Például Ausztráliában ugyan a mérés mindhárom tevékenységtartományban, valamennyi műveleti szinten és fogalmi kategóriában életszerű kontextust megjelenítő autentikus feladatokkal folyik (MCEETYA, 2006. 3–4. o.), részletes kontextustaxonómiát azonban nem dolgoztak ki. Anderson ismerős és ismeretlen helyzetekben való alkalmazást különböztet meg, az előzőt teljesítésnek/végrehajtásnak (*executing*), utóbbit megvalósításnak/kivitelezésnek (*implementing*) nevezi (Anderson, 2005. 9. o.). Néhány taxonómia a kognitív viselkedés alkalmazási szintjét bontja alkategóriákra az adott tartalom felhasználási körülményeinek, kontextusának megjelölésével. Klopffer (1971. 561–641. o.) az első értékelési kézikönyvben a természettudományos tudás és módszerek alkalmazásának három alkategóriáját jelöli meg, az új problémák alkalmazását a tudomány különböző területein, valamint a természettudományon és a technikán kívül.

A természettudományos ismeretek hétköznapi szituációkat megjelenítő feladatokban való vizsgálata nemzetközi szinten először 1995-ben, az első IEA TIMSS felmérésben fedezhető fel.¹² Azonban a tudásalkalmazás

12 A későbbi IEA-TIMSS-vizsgálatokban a természettudományos tudás mérésében ismét a tudományos terminológia dominál, és a hétköznapi szituáció mint feladatkörnyezet nem jellemző.

körülményeinek szisztematikus leírására, a *kontextus* differenciált rendszerének kidolgozására és a mért tudás paraméterei közé integrálására csak az ezredfordulón, az OECD PISA programjának természettudományos műveltségvizsgálatában került sor. A PISA-vizsgálatokban használt kontextusok a műveltségdefiníciónak megfelelően a *realisztikus vagy életszerű*, illetve az *ismeretlen vagy az iskolai tanulási szituációktól eltérő* kategóriákba sorolhatók, és a természettudományhoz, illetve a technika-hoz kapcsolható élethelyzeteket jelenítenek meg (OECD, 2006). A PISA kétdimenziós taxonómiát használ. A feladatkörnyezet leírásának egyik szempontját a természettudományok és a technika megfelelő témakörei, az egészséghez, a természeti kincsekhez, a környezethez, a tudomány és a technika veszélyeihez, korlátaihoz kapcsolódó aktuális kérdések adják. Másik szempontját a személyes (egyéni, családi, kortárs), a társadalmi (közösségi), illetve az emberiség egészét érintő globális problémákat képviselő szituációk alkotják¹³ (OECD, 2006. 27. o.). A PISA 2006 olyan kontextusokban vizsgálta a természettudományos kompetenciák működését, amelyeknek konkrét szerepük van az egyén és a közösség életszínvonalának fenntartásában és növelésében. A feladatkörnyezet kiválasztásakor azt is szem előtt tartották, hogy a feladatokban megjelenő szituációk valamennyi részt vevő ország tanulói számára ismerősek, érdekesek és fontosak legyenek (OECD, 2006. 26–28. o.)

Összegzés

A szakirodalom a természettudományos műveltség koncepcióinak nehezen áttekinthető sokféleségét vonultatja fel. A természettudományok oktatásának alapvető céljait, elveit és feladatait kifejező természettudományos műveltségnek (*scientific literacy/science literacy*) – nincs általánosan elfogadott értelmezése (Bybee, 1997b; DeBoer, 2000; Laugksch, 2000; Roberts, 2007). A természettudományok oktatásának és értékelésének tartalmi és értékelési keretei teoretikus modellek implicit (pl. az IEA felmérések), illetve explicit (pl. az ausztrál NAP–SL, a német NBS) felhasználásával felépített egyedi rendszerek. Vannak elméleti modellek,

13 A 2000-es és 2003-as vizsgálatban a tudomány- és a technikatörténeti vonatkozású kérdések is szerepeltek.

amelyek a természettudományos tudást/műveltséget a művelt embertől elvárt aktivitással és affektív tulajdonságokkal írják le. Más részük a gondolkodás szerveződésével kiépülő fejlődési szintek műveltségformáinak egyre bonyolultabb tevékenységeivel (pl. *Bybee*, 1997a; *Shamos*, 1995), illetve kompetenciákkal (pl. *Gräber*, 2000) jellemzi.

Átfogó szakirodalmi elemzések szerint (lásd pl. *Aikenhead*, 2007; *Jenkins*, 1994; *Laugksch*; 2000; *Pella* és *mtsai.*, 1966; *Roberts*, 2007) az egyedi, szemléletben, hangsúlyokban, szerkezetben különböző koncepciók általános elvárásai hasonlóak, lényegében azonos szempontok szerint, közös elemekből építkeznek. Általános kritérium például a közvetített és az elsajátított természettudományos tudás egyéni és társadalmi relevanciája. Erőteljes a konszenzus abban, hogy a természettudományos műveltség összetett, többdimenziós tudásstruktúra (*Roberts*, 2007), amely magában foglalja

- a természetre vonatkozó tudást, a természettudományok legfontosabb fogalmainak, elveinek, módszereinek ismeretét, megértését és alkalmazását;
- az értékeknek, a természettudományok jellemzőinek, céljainak, korlátainak ismeretét;
- a gondolkodási műveletek szervezett rendszerét, az alkalmazáshoz szükséges kompetenciákat;
- a gondolkodás természettudományos formáit;
- a természettudományos érdeklődést és attitűdöket (*Hurd*, 2003; *Jenkins*, 1994).

A gyakorlatban használt tantervi és értékelési standardok közöttük az, hogy a metaforikus *scientific/science literacy* fogalomhasználatot, az általános műveltségdefiníciót kevésbé univerzális leírások egészítik ki (*Holbrook* és *Rannikmae*, 2009). A részletes követelmények az elvárt, illetve mérni kívánt tudást, annak fejlődését, szerveződését követve a tudás működőképességét meghatározó három szempont, a tartalom („Mit kell tudni?”), a gondolkodás („Hogyan kell tudni?”) és a kontextus („Hol/milyen szituációban kell tudni?”) mentén rögzítik. E három paraméter képezi az alapját a változó elvek szerint szervezett, különböző terminológiával kialakított elméleti keretrendszereknek.

A természettudományos standardokban a kontextus leggyakrabban olyan, a természettudományokhoz köthető nem tanórai szituációkat jelent, amelyekben a kijelölt ismeretek (tartalmak) érvényesülnek. A kontextus

általában egységes, a mindennapi, valós, életszerű realiztikus jelzőkkel jellemzett, átfogó kategória. A tudásalkalmazás körülményeinek differenciált leírását, több szempontú rendszerezését (személyes, társadalmi és globális kontextusban megjelenő kérdések, problémák) kizárólag a PISA alkalmazza (OECD, 2006).

A természettudományos nevelés és tudás-/műveltségmérés elméleti kereteiben az elvárt, illetve mérni kívánt kognitív aktivitást különböző kognitív taxonómiák és kompetenciák foglalják rendszerbe. A különböző elvi alapokra építkező és más-más nevezéktant használó standardok többségében követelmény például a megértés, az alkalmazás, a természettudományok módszereinek ismerete és használata, a természettudományos jelenségek leírása, magyarázata, a természettudományi kommunikáció, a következtetések megfogalmazása.

A műveltségkoncepciók leginkább a tartalmi dimenzió szerint különböznek. Az ismeretek rendszerbe foglalásának módja, a főbb kategóriák kijelölése a természettudományok egymáshoz való viszonyának értelmezésétől (diszciplináris vagy integrált szemléletmód) és a természettudományok oktatásban játszott szerepének megítélésétől függ. A természettudományok diszciplináris, inter- és multidiszciplináris felfogását jelentősen befolyásolják a nemzeti sajátosságok, a kulturális hagyományok, az oktatás tradíciói és az aktuális nevelési célok. A tantervi és értékelési standardokban a természettudományos tudás/műveltség értelmezésének a természettudományok egymáshoz és más diszciplinákhoz való viszonya alapján két, jól elkülönülő csoportja van (Roberts-féle látásmódok, Roberts, 2007). Az egyiket a hagyományosan értelmezett természettudományi diszciplinákra fókuszáló állásfoglalások képviselik (pl. a német NBS, lásd Schecker és Parchmann, 2006.), a másikat a természet- és társadalomtudományokat integráló (pl. Tajvan: Chiu, 2007; Izrael: Mamluk-Naaman, 2007) nézetek adják. Többségben vannak a természettudományos diszciplinákat különböző formában és szinten integráló felfogások.

Explicit természettudományos műveltségmodellt a magyar szakirodalomban, oktatásügyi dokumentumokban nem találtunk. A Nemzeti alaptanterv 2007-es változata, a kerettantervek és az érettségi vizsgakövetelmények alapján körvonalazódó kép szerint Magyarországon a természettudományos nevelés szemléletében, módszereiben és szerkezetében jelentős mértékben diszciplínaorientált. Az oktatás a 7–12. évfolyamokon a hagyományos tudományterületeket képviselő biológia, fizika, kémia és földrajz

tantárgyak keretében folyik. Az 1–4. évfolyamokon tanított környezetismeret (természetismeret) és az 1–6. évfolyamokon tanított természetismeret tantárgy átfogja a négy fő diszciplínát, az integráció azonban formai, a tantervekben egyértelműen elkülönülnek az egyes tudományterületek témakörei. A szaktudományokhoz való kötődés a közvetített tudás sajátosságaiban is kifejeződik.

Az egyes tudományterületek logikáját követő elméletigényes tudásátadás, ahogyan ezt a magyar tudósok teljesítményei és a diákolimpiák sikerei mutatják, egy szűk réteg körében hatékony. Számos jele van annak, hogy a magyar iskolában megszerezhető magas szintű diszciplináris tudás egyéni és társadalmi relevanciája gyenge, a tanulók többségének, a nem természettudományi pályát választóknak nem ad megfelelő tudást a mindennapi életben való boldoguláshoz (pl. *Martin* és mtsai., 2008; *B. Németh*, 2003). A PISA szerint tanulóink valós életben hasznosítható természettudományos tudása nemzetközi mércével mérve átlagos, és nő a gyengén teljesítők aránya, de ugyanakkor kevés a kiemelkedő szinten teljesítő tanuló is (pl. *Martin* és mtsai., 2008; *OECD*, 2010; *B. Németh*, 2003).

A továbblépéshez saját műveltségfogalmunk újragondolása szükséges, melynek során figyelembe vesszük a nemzetközi tapasztalatokat és megfontoljuk, miként tudjuk azokat oktatási hagyományainkba illeszteni. A kor elvárásait kielégítő, az átlagpolgár számára a hétköznapi életben is alkalmazható tudást adó műveltségkonceptió kialakításához több szempontot érdemes figyelembe venni. A természettudományos nevelés céljai és irányvonalát kijelölő műveltségfogalom képviseljen elérhető, társadalmi és egyéni relevanciával bíró tudást; adaptálja a pszichológia és a neveléstudomány kutatásainak legújabb, általánosan elfogadott eredményeit; segítse elő a természettudományok iránti érdeklődés növekedését; illeszkedjék a modern nemzetközi irányvonalhoz, ugyanakkor a nemzetközi tapasztalatokat felhasználva épüljön a hazai oktatás pozitív hagyományaira.

Irodalom

- Adams, R. J. és Gonzalez, E. J. (1996): The TIMSS Test Design. In: Martin, M. O. és Kelly, D. L. (szerk.): *Third International Mathematics and Science Study (TIMSS) Technical Report, Volume I: Design and Development*. Boston College, Chestnut Hill, MA.
- Aikenhead, G. S. (1994): What is STS teaching? In: Solomon, J. és Aikenhead, G. S. (szerk.): *STS education: International perspectives on reform*. Teachers College Press, New York, 47–59.
- Aikenhead, G. S. (2003): STS Education: A rose by any other name. In: Cross, T. (szerk.): *A Vision for Science Education: Responding to the work of Peter J. Fensham*. Routledge Press, London, 59–75.
- Aikenhead, G. S. (2006): *Science Education for Everyday Life*. Evidence-Based Practice. Teacher College Columbia University, New York and London.
- Aikenhead, G. S. (2007): *Expanding the research agenda for scientific literacy*. Paper presented to the Promoting Scientific Literacy: Science Education Research in Transition. Uppsala University, Uppsala, Sweden, 28-29 May 2007.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1983): *Scientific literacy*. MA: Author, Cambridge.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1989): *Science for all Americans*. A Project 2061 report on literacy goals in science, mathematics, and technology. Author, Washington DC.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1990): *Science for all Americans*. Oxford University Press, New York.
- Anderson, L. (2005): *Taxonomy Academy Handbook*. <http://www.andersonresearchgroup.com/tax.html>
- 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 (2003): A természettudományos műveltség mérése. *Magyar Pedagógia*, **103**. 4. sz. 499–526.
- B. Németh Mária (2008): természettudományos műveltség koncepciók. *Iskolakultúra*, **18**. 7–8. sz. 3–19.
- B. Németh Mária (2010): A természettudományi tudás/műveltség értelmezései nemzeti standardokban. *Iskolakultúra*, **20**. 12. sz. 92–99.
- B. Németh Mária, Korom Erzsébet és Nagy Lászlóné (2011): A természettudományos tudás nemzetközi és hazai vizsgálata. In: Csapó Benő (szerk.) *Mérlegen a magyar iskola*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest (megjelenés alatt).
- Báthory Zoltán (1979): A természettudományok tanításának eredményei. In: Kiss Árpád, Nagy Sándor és Szarka József (szerk.): *Tanulmányok a neveléstudomány köréből 1975–1976*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 153–275.
- Báthory Zoltán (2000): Tanulók, iskolák – különbségek. OKKER Oktatási Kiadó, Budapest.
- Beaton, A. E., Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gonzalez, E. J., Smith, T. A. és Kelly, D. L. (1996a): *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.
- Biggs, J. B. és Collis, K. F. (1982): *Evaluating the Quality of Learning: the SOLO Taxonomy.*, Academic Press, New York.
- Bloom, B. S. (1956): *Taxonomy of Educational Objective: The classification of Educational Goals.* Handbook I. Cognitive Domain. Mckay, New York.
- Bybee, R. W. (1997a): *Achieving scientific literacy: From purposes to practices.* Heidemann, Portsmouth NH.
- Bybee, R. W. (1997b): Toward an understanding of scientific literacy. In Gräber, W. és Bolte, C. (szerk.): *Scientific literacy.* Kiel: IPN. 37–68.
- Calabrese Barton, A. és Yang, K. (2000): The Culture of Power and Science Education: Learning from Miguel. *Journal of Research in Science Teaching*, **37**. 8. sz. 871–889.
- Chiu, Mei-Hung (2007): Standards for science education in Taiwan. In Waddingtin, 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 I. Almqvist és Wiksell, Stockholm.
- Conant, J. B. (1952): *Modern science and modern man.* Columbia University Press, New York.
- Csapó Benő (1999): Természettudományos nevelés: híd a tudomány és a nevelés között. *Iskolakultúra*, **9**. 10. sz. 5–17.
- Csapó Benő (2001): Tudáskonceptiók. In: Csapó Benő és Vidákovich Tibor (szerk.): *Neveléstudomány az ezredfordulón.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 88–105.
- Csapó Benő (2002): Az iskolai tudás vizsgálatának elméleti keretei és módszerei. In: Csapó Benő (szerk.): *Az iskolai tudás.* 2. kiadás. Osiris Kiadó, Budapest, 15–43.
- Csapó Benő (2008): Tudásakkumuláció a közoktatásban. In: Simon Mária (szerk.): *Tan-
könyvdialógusok.* Oktatáskutató és Fejlesztő Intézet, Budapest, 95–108.
- 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.
- Durant, J. (1994): What is scientific literacy? *European Review*, **2**. sz. 83–89.
- Ellis, J. D. (2003): The Influence of the National Science Education Standards on the Science Curriculum. In: Hollweg, K. S. és Hill, D. (szerk.): *What is the influence of the National Science Education Standards?* The National Academies Press, Washington, DC., 39–63.
- Felsham, P. J. (1985): Science for All. *Journal of Curriculum*, **17**. 415–435.
- Felsham, P. J. (1988): Approaches to the teaching of STS in science education. *International Journal of Science Education*, **10**, 346–356.
- Felsham, P. J. (1992): Science technology. In: Jackson, P. W. (szerk.): *Handbook of research on curriculum.* Macmillan Publishing Co., New York, 789–829.
- Gräber, W. (2000): Aiming for scientific literacy through self-regulated learning. In: Stochel, G. és Maciejowska, I. (szerk.): *Interdisciplinary education – challenge of 21st century.* FALL, Kraków, 101–109.

- 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. <http://www.science.org.au/primaryconnections/irr-15.pdf>
- Holbrook, J. és Rannikmae, M. (2009): The meaning of scientific literacy. *International Journal of Environmental & Science Education*, **4**. 3. sz. 275–288.
- Huitt, W. (2004): Bloom et al.'s taxonomy of the cognitive domain. *Educational Psychology Interactive*. Valdosta State University, Valdosta, GA.
- Hurd, P. D. (1958): Science literacy: Its meaning for American schools. *Educational Leadership*, **16**. 1. 13–16.
- Hurd, P. D. (1998): Scientific literacy: New minds for a changing world. *Science Education*, **82**. 3. sz. 407–416.
- Jenkins, E. W. (1994): Scientific literacy. In: Husen, T. és Postlethwait, T. N. (szerk.) *The international encyclopedia of education*. Volume 9, Pergamon Press, Oxford. 5345–5350.
- Johnson, C. G. és Fuller, U. (2007): 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 (Koli Calling 2006)*. Technical report 2007-006 of Department of Information Technology of Uppsala University, February 2007. Printer Uppsala University, Sweden, 120–131. <http://www.cs.kent.ac.uk/pubs/2007/2552/content.pdf>, <http://www.cs.kent.ac.uk/pubs/2007/2552/index.html>
- Keeves, J. P. (1992): *The IEA Study of Science III: Changes in Science Education an Achievement: 1970 to 1984*. Pergamon Press, Oxford.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riquarts, K., Rost, J., Tenorth, H. E. és Vollmer, H. J. (2003): *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards*. Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bonn.
- Klopfer, L. E. (1971): Evaluation of learning in Science. In: Blomm, B. S., Hatings, J. T. és Madaus, G. F. (szerk.): *Hand Book on Formative and summative evaluation of student learning*. McGraw-Hill Book Company, New York. 559–641
- Klopfer, L. E. (1991): Scientific literacy. In: Lewy, A. (szerk.) *The international encyclopedia of curriculum*. Pergamon Press, Oxford, 947–948.
- Laugksch, R. C. (2000): Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education*, **84**. Issue 1, January, 71–94.
- Lederman, N. G. és Lederman, J. (2007): Standards for science education in the United States: Necessary Evil? In: Waddington, D., Nentwig, P. és Schanze, S. (szerk.): *Making it comparable. Standards in science education*. Waxmann, Münster. 347–371.
- 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.
- Maienschein, J. (1998): Scientific literacy. *Science*, **281**. 5379. sz. 917–918.
- Mamluk-Naaman, R. (2007): 'Science and Technology for All' – an Israeli curriculum based on standards in science education. In: Schanze, S. (szerk.): *Standards in science education*. Waxmann, New York.
- 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.): *TIMSS 1999 International Science Report*. Boston College Chestnut Hill, MA.

- Martin, M. O., Mullis, I. V. S. és Foy, P. (2008): *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.
- McCurdy, R. C. (1958): Towards a population literate in science. *The Science Teacher*, 25. 366–368.
- 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
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Ruddock, G. J., O'Sullivan, C. Y. és Preuschoff, C. (2009. szerk.): *TIMSS 2011 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., 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., 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 (2nd Edition)*. International Study Center, Lynch School of Education, College Boston, 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.
- National Research Council / NRC (1996): *National science education standards*. National Academy Press, Washington DC.
- OECD (1999): *Measuring student knowledge and skills*. OECD, Paris.
- OECD (2000): *Measuring student knowledge and skills*. The PISA 2000 Assessment of reading, mathematical and scientific literacy. Education and Skills. OECD, Paris.
- OECD (2003): *The PISA 2003 Assessment Framework: Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*. OECD Publications, Paris. www.pisa.oecd.org
- OECD (2006): *Assessing scientific, reading and mathematical literacy. A framework for PISA 2006*. OECD, Paris.
- OECD (2010): *PISA 2009 Results: What students know and can do – Student performance in reading, mathematics and science (Volume I)*. OECD, Paris.
- Olsen, R. V. (2004): *The OECD PISA assessment of scientific literacy: how can it contribute to science education research?* Paper at NARST Annual International Conference, Vancouver, Canada, 1–4. April 2004. <http://folk.uio.no/rolfvo/engpubl.html>
- Olsen, R. V. (2005): *Achievement tests from an item perspective. An exploration of single item data from the PISA and TIMSS studies, and how such data can inform us about students' knowledge and thinking in science*. Dr. Scient avhandling. Oslo: Unipub. http://folk.uio.no/rolfvo/Publications/Rolf_Olsen_DrScient_new.pdf
- Olsen, R. V., Lie, S. és Turmo, A. (2001): Learning about students' knowledge and thinking in science through large-scale quantitative studies. *European Journal of Psychology of Education*, 16. 3. sz. 403–420.

- Orpwood, G. (2001): The role of assessment in science curriculum reform. *Assessment in Education*, 8. 135–151.
- Orpwood, G. és Garden, R., A. (1998). *Assessing mathematics and science literacy*. TIMSS Monograph No. 4.: Pacific Educational Press, Vancouver, BC.
- 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
- Pella, M. O., O’Hearn, G. T. és Gale, C. W. (1966): Referents to scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 4. sz. 199–208.
- Piaget, J. (1929): *The child’s conception of the world*. Harcourt, Brace and Company, New York.
- Rennie, L. J. és Johnston, D. J. (2004): *The nature of learning and its implications for research on learning from museums*. *Science Education*, **88**. (S1), 4–16.
- Rennie, L. J. (2006): The community’s contribution to science learning: Making it count. In: Boosting science learning – What will it take? Research Conference 2006 augusztus 13–15. Canberra. http://www.acer.edu.au/documents/RC2006_Rennie.pdf
- Roberts, D. A. (1983): Scientific literacy. Towards a balance for setting goals for school science programs. Minister of Supply and Service, Ottawa, ON, Kanada.
- Roberts, D. A. (2007): Scientific literacy / Science literacy. In: Abell, S. K. és Lederman, N. G. (szerk.): *Handbook of research on science education*. Lawrence Erlbaum, Mahwah, NJ. 729–780.
- Roth, W. M. és Désautels, J. (2004): Educating for citizenship: Reappraising the role of science education. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 4. sz. 149–168. <http://www.educ.uvic.ca/faculty/mroth/PREPRINTS/Citizenship.pdf>
- Ryder, J. (2001): „Identifying science understanding for functional scientific literacy”. *Studies in Science Education*, **36**. 1–44.
- Schecker, H. és Parchmann, I. (2006): Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik Naturwissenschaften* **12**. 45–66.
- 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.
- Shamos, M. H. (1995): *The myth of scientific literacy*. Rutgers University Press, New Brunswick.
- Shen, B. S. P. (1975): Science literacy and the public understanding of science. In: Day, S. B. (szerk.), *Communication of scientific information*. Karger AG. Basel, 44–52.
- Solomon, J. (1998): The science curricula of Europe and the notion of scientific culture. In: Roberts, D. A. és Östman L. (szerk.): *Problems of meaning in science curriculum*. Teachers College Press, New York, 166–177.

- Sternberg, R. J. (1985): *Beyond IQ: A triarchic theory of human intelligence*. Cambridge University Press, New York.
- Tiberghein, A. (2007): Legitimacy and references of scientific literacy. In: *Linnaeus Tercentenary 2007 Symposium: Promoting Scientific Literacy: Science Education Research in Transaction – LSL Symposium, 28–29 May*. 195–199.
<http://www-conference.slu.se/lslsymposium/program>
- 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, Hillsdale.
- UNESCO (United Nations Educational Scientific and Cultural Organisation) (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>
- Weinert, F. E. (1999): *Concepts of competence. Definition and selection of competencies: Theoretical and conceptual foundations*. DeSeCo, Neuchâtel.
- Weinert, F. E. (2001a): Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: Weinert, F., E. (szerk.): *Leistungsmessungen in Schulen*. Beltz Verlag, Weinheim und Basel, 17–31.
- Weinert, F. E. (2001b): Concept of Competence: a conceptual definition. In: Rychen, D., S.; Salganik, L., H. (szerk.) *Defining and selecting key competencies*. Hogrefe & Huber Seattle, 45–66.
- 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. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 2. sz. 349–361.