

# 1.

## **A természettudományi online diagnosztikus mérések tartalmi kereteinek elméleti háttere**

***Korom Erzsébet***

Szegedi Tudományegyetem Neveléstudományi Intézet

***Molnár Gyöngyvér***

Szegedi Tudományegyetem Neveléstudományi Intézet

***Csapó Benő***

Szegedi Tudományegyetem Neveléstudományi Intézet

A fejezet célja a kötet koncepciójának, a tartalmi keretek elméleti hátterének bemutatása. Először a természettudományos nevelés feladatainak változását tekintjük át a társadalmi, gazdasági változások tükrében, majd bemutatjuk a természettudományi tudás online mérésének lehetőségeit, a számítógép-alapú feladatok jellemzőit. Ezt követően ismertetjük a természettudományi tudás diagnosztikus mérésének szempontjait, kiemelve a mérés pszichológiai, alkalmazási és diszciplináris dimenzióját.

### **1.1. A természettudományos nevelés céljainak, feladatainak változása az elmúlt évtizedekben**

A 20. század második felében kezdődött, egyre gyorsuló technológiai és társadalmi változások az ezredfordulóra olyan fejlődési pályákat nyitottak meg, amelyek a tudásszerzés és alkalmazás kérdését is átfogalmazták.

A technológiai környezet megváltozása új eszközökkel, technológiákkal bővítette életünket, a lehetőségek egyben kényszerek is, „aki kimarad, az lemarad”. Az egyre intelligensebb eszközök egyben a személyes és a társas környezet megváltozását is eredményezik. A virtuális közösségek, az elérhetőség és ellenőrizhetőség, az információk és álinformációk áradása, a virtuális valóságok világa új tapasztalati lehetőségekkel és alkalmazási környezettel veszik körül a ma emberét. Egyre érezhetőbb a tudástér megváltozása, nincs messze az ember-gép rendszerre optimalizált világ, amelyben az emberi tudást a globális hálózatok és intelligens rendszerek figyelembevételével kell megtervezni és kialakítani, főképpen annak rugalmasságát, átszervezhetőségét szem előtt tartva.

A munkakörnyezet változása kiszélesíti a munkaformák spektrumát is, a tudásközpontok fejlesztői, a gépi rendszerek, robotok tervezői és működtetői másféle tudással és alkalmazói kihívásokkal szembesülnek, mint a humán szolgáltatásokban vagy a kiszolgálói munkákban foglalkoztatottak. Mindezekkel kölcsönhatásban a társadalmi és gazdasági környezet változása is érzékelhető, gyakoriak a válságok, átrendeződnek a hatalmi viszonyok, fokozódnak az egyenlőtlenségek, a világverseny új kihívások elé állítja az egyént és a társadalmat egyaránt. Sokasodnak a természeti környezet megváltozására utaló figyelmeztető jelek is. Kétségtelen tény a globális éghajlatváltozás vagy az, hogy mesterséges vegyi anyagok sokasága van jelen a környezetünkben, szervezetünkben, elektromágneses és akusztikus zajban éljük mindennapjainkat. Mindezen változások kontrasztjaként az ember biológiai felépítése és működése tízezer éves léptékben változatlan. Ebben az új környezetben kell működtetni tudásunkat, gondolkodási képességeinket, harmóniába hozni érzelmi világunkat, célként állítva az egyéni boldogulást és végső soron az egész civilizáció fenntarthatóságát.

Folyamatosan változó, globalizálódó világunk, a gyors technológiai fejlődés és információáramlás az oktatással szemben is új elvárásokat támaszt. A korszerű, tudományosan megalapozott és a mindennapokban is alkalmazható tudás mellett olyan képességek fejlesztését várja el, mint például a problémamegoldás, a kreativitás, a kritikai gondolkodás, másokkal való együttműködés, kommunikáció, alkalmazkodóképesség, önmenedzselés, önfejlesztés, rendszerben való gondolkodás (*Bybee és Fuchs, 2006; NRC, 2010; Molnár, 2011*). A 21. században fontosnak tartott tudásra reflektálva változnak az oktatás céljait, feladatait rögzítő doku-

mentumok is. Az amerikai *Partnership for 21<sup>st</sup> Century Skills Framework* (P21, 2009) a diszciplináris és az interdiszciplináris (globális tudatosság, pénzügyi, gazdasági, üzleti, vállalkozási, állampolgári, egészség- és környezeti műveltség) ismeretek mellett a fejlesztés három nagy területét határozza meg. Ezek a (1) tanulási és innovációs képességek (kreativitás és innováció, kritikai gondolkodás és problémamegoldás, kommunikáció és együttműködés), (2) az információs, média- és ICT műveltség, valamint az (3) élet- és karrierképességek (flexibilitás és adaptivitás, kezdeményező képesség és önirányítás, szociális és interkulturális készségek, produktivitás és elszámoltathatóság, vezetés és felelősség).

A 21. században releváns ismeretek, képességek megjelennek a természettudományos tantervekben, standardokban is (NRC, 2012; NGSS, 2013), és egyre részletesebben megfogalmazódnak a fejlesztésükhöz szükséges szemléletbeli és módszertani feltételek. Hangsúlyossá válik a kommunikáció sokféle módját igénylő környezetben való tanulás, az együttműködésre, a tanulócsoporthoz eredményességére épülő oktatási módszerek alkalmazása, az új információs és médiatechnológiára épülő, innovatív tanulási környezetek bevonása, az információk keresését, bizonyítékok elemzését és az eredmények összegzését, a kritikus és önálló gondolkodást ösztönző feladatok bevonása, valamint az önszabályozott tanulás (NSTA, 2011; NRC, 2010; D. Molnár, 2013).

Az ismeretátadásra épülő oktatási módszerek helyett a tanulóközpontú, a tanulói tevékenységeket (vizsgálódás, kutatás, modellalkotás, problémamegoldás) támogató módszerek, mint például a problémaalapú (Dochy, Segers, Van den Bossche és Gijbels, 2003; Akinoglu és Ozkardes-Tandogan, 2007), a projektalapú (Polman, 2000; Krajcik és Blumenfeld, 2006) vagy a kutatásalapú tanulás (Furtak, Seidel, Iverson és Briggs, 2012) kerülnek előtérbe. A természettudományok iránti pozitív attitűd formálása, a természettudományos pályák iránti érdeklődés növelése érdekében a Rocard-jelentés (Rocard, Csermely, Jorde, Lenzen, Walberg-Henriksson és Hemmo, 2007) ajánlásait követően számos európai országban – köztük hazánkban is – ismertté váltak a kutatásalapú természettudományos nevelés (*Inquiry Based Science Education* – IBSE) alapelvei (Nagy L.-né, 2010).

A természettudományos nevelés céljainak, feladatainak változása nemcsak a tantervekre és az oktatási módszerekre van hatással, hanem a tanulói tudás értékelési szempontjaira és módszereire, eszközeire is.

## 1.2. Az online mérés jellemzői, előnyei

A természettudományos tudás mérésének jelentős hagyományai vannak, közel fél évszázada rendelkezünk hazai (pl. TOF-80, Monitor-vizsgálatok) és nemzetközi (pl. IEA FISS, SISS, TIMSS, OECD PISA) kontextusban végzett kutatások eredményeivel (részletesen lásd *B. Németh, Korom és Nagy L.-né*, 2012). Ezen adatfelvételek alapvetően papíralapú, szummatív értékelés céljából kidolgozott tesztek alkalmaztak. Az elmúlt tíz évben jelentős változás történt a természettudományos tudás mérés-értékelésében. Fokozatosan megteremtődtek a technológiaalapú értékelés feltételei (hazai vonatkozásban lásd *Molnár és Pásztor-Kovács*, 2015; *Molnár és Magyar*, 2015), aminek következtében átalakultak a természettudományos tudás mérés-értékelésének céljai és eszközei. Kezdetben a papíralapú teszteléshez képest életszerűbb számítógép-alapú feladatok írása és a tradicionális technikákhoz hasonló hatékonyságú tesztelés megvalósítása volt a fő cél. Az OECD PISA felméréssorozat keretein belül 2006-ban kiközvetített CBAS (Természettudományi tudás számítógépes felmérése, *Computer-Based Assessment of Science; OECD*, 2009) teszt ennek egyik előfutára volt. A 2006-os számítógép-alapú adatfelvételre nemzetközi szinten csak 13 ország jelentkezett, de a végén csak három ország diákjai oldották meg a tesztet (*Molnár*, 2010). Az azóta eltelt időben a számítógépes tesztelés egyre természetesebbé vált, sőt a PISA vizsgálatosorozat keretein belül megvalósult a számítógépes tesztelésre való teljes átállás, és 2015-től már kizárólag számítógép-alapúak lesznek a természettudományos tesztek.

Ma már nem kérdéses a számítógép-alapú tesztelés hatékonysága és előnyei (*Molnár és Pásztor*, 2015), mint az innovatív itemszerkesztési lehetőségek (pl. multimédia elemek beépítése, szimulációk és interaktív feladatok alkalmazása), az automatikus kiértékelés, a tesztelési folyamat személyre szabása (pl. adaptív tesztelés), amelyek új lehetőségeket adnak a tanítás szempontjából. A számítógép-alapú diagnosztikus tesztek segítségével a hatékony tesztelés mint mérés-értékelési cél megvalósítását felválthatta a személyre szabott tanulás segítése.

Ennek az újragondolásnak az eredménye az SZTE Oktatáselméleti Kutatócsoportja által fejlesztett eDia platform és rendszer, ami ötvözi a hagyományos és legújabb feladatfejlesztési és elemzési technikákat, valamint a technológia mérés-értékelés adta előnyeit. A rendszer iskolai használatához mindössze néhány számítógép, egy internetes böngésző (Mozilla Firefox

vagy Google Chrome) és internetkapcsolat szükséges. A rendszer közel 4000 elsőtől hatodik évfolyamos diákok részére készült természettudományos feladatot tartalmaz. A feladatfejlesztés elméleti alapját az e kötetben bemutatott tartalmi keretek alkotják.

A kötet második, harmadik és negyedik fejezetében összesen több mint 300 eDia rendszerben (elektronikus diagnosztikus mérési rendszer; *Molnár és Csapó, 2013; Molnár, 2015*) futó számítógép-alapú feladat segítségével szemléltetjük a természettudományos tudás három dimenziójának online mérési lehetőségeit. A feladatok között szerepelnek hagyományos és innovatív feladattípusok is, amelyek papíralapú kivitelezése nem lehetséges (pl. hangjáról felismerni egy madarat; manipulatív módon megtervezni egy kísérletsorozatot; videón látott jelenség jellemzőit meghatározni). A kötetben ismertetett feladatok alatt abban az esetben olvasható kiegészítő szöveg, ha az nem (vagy csak részben) látható az online feladat nyomtatott feladatképeénél (pl. legördülő listák).

A feladatfejlesztés során túlléptünk a kizárólag statikus szöveg és kép-alapú, valamint a hagyományos válaszadási technikákat (karikázás, pipázás, ikszek használata, aláhúzás, összekötés, rajzolás, betűk, szavak, mondatok írása) alkalmazó itemeken. Kiterjesztettük az alkalmazott feladatelemek formáját (pl. animáció, videó, szimuláció, hiperlink, kép, hang) és változatos válaszadási technikákat alkalmaztunk: (1) űrlapelemek (rádiógomb, jelölőnégyzet), (2) legördülő lista, (3) képekre, képek részeire való kattintás, (4) szövegekre, szövegek részeire kattintás, (5) alakzatok, képek vagy azok részeinek színezése kattintással, (6) a kattintás sorrendjét alapul vevő sorszámozás, (7) bármely két feladatelem összekötése vonallal, nyíllal, (8) betűk, szavak, mondatok, szövegek, számok, alakzatok, képek, hangok, videók, animációk, szimulációk, gyakorlatilag bármely feladatelem vonszolása, adott célterületre mozgatása, (9) betűk, számok, szavak begépelését kérő beviteli mezők és (10) hosszabb szövegek, mondatok begépelését kérő szövegdobozok alkalmazása.

A fenti lehetőségeket kihasználva, elsőtől harmadik évfolyamig az olvasási nehézségek kiküszöbölése végett a rendszerben futó természettudományos feladatok utasításait nemcsak elolvashatják, hanem meg is hallgathatják a diákok. Ennek következtében a feladatokban nyújtott teljesítmények egyértelműen a diákok természettudományos tudását és nem olvasási képességük fejlettségi szintjét mutatják. Ez növeli a tesztek megbízhatóságát és validitását. A bemutatott feladatok mind a kisiskolás diákok számára

természetesebb mobil eszközökön (pl. tablet), mind az iskolák infrastrukturális ellátottsága alapján ma szélesebb körben rendelkezésre álló asztali számítógépeken használhatóak.

### **1.3. A természettudományi tudás online diagnosztikus mérésének szempontjai és dimenziói**

A természettudományi tudás diagnosztikus értékelésében három szempontot jelöltünk ki: a tanulás célja, a fejlődés és a tartalom. Ezek közül a tanulás célja az, ami a mérések elsődleges szempontját jelentette. A tanulás három fő célja (gondolkodási, alkalmazási, szaktudományi) végighúzódik az iskolázás történetén, és megfelel a modern iskolai teljesítménymérés fő irányainak (Csapó, 2004, 2010). E három célt képezi le a mérés három dimenziója: a pszichológiai, a társadalmi/alkalmazási és a diszciplináris dimenzió.

Az értelem kiművelése, a gondolkodás fejlesztése áll a diagnosztikus mérések pszichológiai dimenziójának középpontjában. E dimenzió értékelésének leírása épít a természettudomány tanulásának fejlődéslélektani, tanuláspszichológiai alapjaira, bemutatja, miképpen lehet a tananyag elsajátítását és az értelmi fejlődést összhangba hozni. A dimenzió feladatai pedig azt vizsgálják, fejleszti-e a természettudomány tanulása a gondolkodást, az általános kognitív képességeket vagy a szűkebb értelemben vett tudományos gondolkodást az elvárható mértékben.

Egy másik régóta jelenlévő cél, hogy az iskola nyújtson hasznosítható, iskolán kívül is alkalmazható tudást. Ezt a szempontot társadalmi dimenzióknak nevezzük, és a tudás hasznosíthatóságát, alkalmazhatóságát értjük alatta. A tudás alkalmazhatóságának jelentőségére a PISA-mérések is ráirányították a figyelmet, és azt is megmutatták, hogy ezen a területen sok a tennivaló.

A harmadik meghatározó cél az, hogy az iskolában a tanulók elsajátítsák annak a tudásnak a lényeges elemeit, amelyet a tudományok felhalmoztak. Ez a cél valósul meg, amikor a tanulók az adott diszciplína, tudományterület szempontjai és értékei szerint közelítenek a tanuláshoz. Ez a szaktantárgyi vagy diszciplináris dimenzió. A továbbiakban a mérés három dimenziójának elméleti hátterét mutatjuk be.

### 1.3.1. Pszichológiai dimenzió

A pszichológiai dimenziót, a természettudományos gondolkodás fejlődésének és fejlesztésének elméleti kereteit *Adey* és *Csapó* (2012) munkája alapján foglaljuk össze. A természettudományok tanulása az általános gondolkodási képességek fejlesztésének egyik alapvető eszköze lehet. A természettudományos feladatokkal, problémákkal való foglalkozás során számos olyan gondolkodási műveletet működtetünk, amelyek más tudományterületeken vagy a mindennapokban is fontosak lehetnek. A természettudományok tanulása és a gondolkodás közötti kapcsolat kölcsönös, mivel a természettudományok tanulásához nélkülözhetetlen bizonyos gondolkodási képességek megléte, például a lineáris összefüggések megértéséhez az arányossági gondolkodás, a kapcsolatok, szabályszerűségek felismeréséhez az analógiás és induktív gondolkodás, a hierarchikus fogalomrendszer kiépítéséhez az osztályozási műveletek, a relációk kezelése vagy a logikai következtetési sémák alkalmazása.

A gondolkodási képességek rendszerezésére irányuló kutatások többféle kérdést tárgyalnak, például megkülönböztethető-e az általános és a tudományos gondolkodás; melyek a gondolkodás alapvető formái, műveletei, mintázatai; hogyan szerveződik, fejlődik a gondolkodás rendszere. A tudományos és az általános gondolkodásnak (*McGuinness*, 2005 alapján) vannak hasonló elemei, például a különböző viszonyok (hasonlóságok/különbségek, rész-egész) elemzése, az előrejelzés és a következtetések igazolása, ok-okozati viszonyok feltárása, elképzelések, modellek alkotása. A természettudományoknál szélesebb körben megjelenik a többféle szempont egyidejű alkalmazása, a problémamegoldás, az érvek és ellenérvek mérlegelése és a döntéshozatal.

A gondolkodás alapvető formáit gyakran dichotóm párokban határozzák meg (pl. kvantitatív/kvalitatív, konkrét/absztrakt, konvergens/divergens, holisztikus/analitikus, deduktív/induktív gondolkodás) utalva arra, hogy a helyezettől, feladattól függően dominálhat az egyik vagy a másik típus. A gondolkodás műveleti képességeit (konzerváció, sorképzés, osztályozás, kombinatív gondolkodás, analógiás gondolkodás, arányossági gondolkodás, extrapolálás, valószínűségi gondolkodás, korrelatív gondolkodás, változók elkülönítése és kontrollja) *Piaget* és munkatársai (*Inhelder* és *Piaget*, 1958) tárták fel természettudományos jelenségekhez kapcsolódó feladatok révén. Ezek a viszonylag egyszerű struktúrá-

val rendelkező képességek más, komplex gondolkodási képességekkel (pl. problémamegoldás, kreativitás, kritikai gondolkodás) együtt alapvetőek a természettudományok tanulásában.

A gondolkodás fejlődésének megismeréséhez *Piaget* munkáin kívül hozzájárultak a pszichometria és a kognitív pszichológia eredményei is. A fejlesztés szempontjából fontosak azok a modellek, amelyek a gondolkodási képességeket az azok alapjául szolgáló általános intelligencia megnyilvánulási formáinak tekintik (*Adey, Csapó, Demetriou, Hautamäki és Shayer, 2007*), illetve a képességek hierarchikus rendszerében az általános processzor által szabályozott specifikus feldolgozó rendszereket különítene el (*Demetriou, 2004*). Ez azt jelenti, hogy a gondolkodási képességek egymástól függetlenül is képesek fejlődni, de transzferhatást gyakorolhatnak a külön nem fejlesztett képességekre is.

A gyerekek – az általános kognitív fejlődés részeként – hosszú fejlődési folyamat során jutnak el a gondolkodás különböző szintjeire azáltal, hogy sokféle szituációban, tartalom végeznek gondolkodási műveleteket előbb manipulatív, később képi és formális absztrakciós szinten. A fejlődés feltétele a megfelelő tanulási tapasztalat, amelyet a természettudományok tanítása rendszeres, a tanulók kognitív fejlettségéhez igazított, de megfelelő kihívást jelentő tevékenységek révén tud biztosítani. A gondolkodási folyamatok kutatási eredményeire, és főként *Piaget* és *Vigotszkij* munkáira alapozva több természettudományos tartalomba ágyazott fejlesztőprogram is született (*Adey, Shayer és Yates, 2001; Csapó, 1992; Nagy L.-né, 2006*) a 7–14 éves korosztály számára. Napjainkban azonban egyre inkább felismerik a korai fejlesztés jelentőségét. A természeti környezet megfigyelése, egyszerű vizsgálatok elvégzése, a mindennapi élet során szerzett tapasztalatok megbeszélése már óvodás- és kisiskoláskorban is számos lehetőséget rejt a gondolkodás alapvető műveleteinek alakítására, a kognitív fejlődés stimulálására, néhány alapvető fogalom, összefüggés elemi szintű megértésére (*NRC, 2012; NGSS, 2013*).

Míg a természettudományos gondolkodás fejlesztésében a gazdag tapasztalatnak, a sokféle tartalomnak, kontextusnak van kiemelkedő szerepe, a természettudományos gondolkodás mérésénél arra kell törekedni, hogy a tárgyi tudás kevés szerepet játsszon a feladatok megoldásában, és a vizsgálni kívánt gondolkodási képesség illeszkedjen a természettudományi tanulmányokhoz.



### 1.3.2. Alkalmazási dimenzió

Az alkalmazási dimenzió a társadalmi igények felől közelít a természettudományok tanításához. Elvárásként fogalmazza meg, hogy az iskola ne csak szűkebb körben releváns diszciplináris ismereteket, hanem átfogó, a mindennapokban is hasznosítható tudást adjon, teremtsen kapcsolatot a tudományos, a technológiai és a társadalmi kérdések között, és alapozza meg a felelős állampolgárrá válást.

Az alkalmazási dimenzió elméleti hátterét a természettudományos műveltség értelmezése és a tudástranszfer problémája jelenti, e témákat *B. Németh* és *Korom* (2012) munkája alapján foglaljuk össze. A természettudományos műveltség fogalmát *Hurd* használta először 1958-ban, és az eltelt több mint fél évszázad alatt sokféle értelmezése jelent meg, elsősorban a természettudományos tantervek, standardok fejlesztéséhez, valamint a nemzetközi felmérések tartalmi kereteinek kidolgozásához kapcsolódóan. A műveltségmodellek alapvetően három csoportba sorolhatók: leíró műveltségkoncepciók, fejlődésmodellek és kompetenciaalapú megközelítések. A leíró modellek arra vonatkoznak, hogy mit kell tudnia a természettudományos művelt egyénnek, a fejlődésmodellek egymásra épülő, különböző komplexitású műveltségi szinteket határoznak meg. Például *Bybee* (1997) modelljében a nominális, a funkcionális, a fogalmi és procedurális, valamint a többdimenziós természettudományos műveltséget. A kompetenciaalapú modellek a műveltséget sokdimenziós tudásként értelmezik, *Gräber* (2000) modelljében például a természettudományos műveltség a tantárgyi és episztemológiai, az etikai, valamint a tanulási, társadalmi, procedurális és kommunikációs kompetenciák metszetében található. A legismertebb kompetenciaalapú meghatározás a PISA-vizsgálatok műveltségdefiníciója. Ebben a természettudományos műveltség része a tudományos ismeretek alkalmazása a tudományos kérdések azonosításában; a jelenségek tudományos magyarázatában, a bizonyítékokra alapozott következtetések levonásában; a tudomány működéséről való tudás, annak ismerete, hogyan hat a természettudomány és a technika az anyagi, szellemi és kulturális környezetre, valamint a természettudományok iránti érdeklődés és a kutatások iránti attitűd (*OECD*, 2014; *Bybee, McCrae* és *Laurie*, 2009).

Az alkalmazási dimenzió másik alapvető fogalma a tudástranszfer, amely a tudás átvitelét jelenti egy ismert szituációból egy másik, az egyén által nem ismert szituációba. Ehhez fel kell ismerni a feladatokat, a tanulási

és az alkalmazási szituációk közötti hasonlóságokat, különbségeket. A kutatások jelzik, hogy a tudás transzferálása nem automatikus, a tudás szorosan kötődik ahhoz a szituációhoz, amelyben azt elsajátították, ezért alkalmazását, transzferálását is tanulni kell (Molnár, 2006). A tudástranszfernek számos formája van, ezek közül a közeli és a távoli transzfert használjuk a diagnosztikus mérések során. A tantárgyi tudás alkalmazását az iskolaihoz hasonló kontextusban és a mindennapokhoz közeli realiztikus kontextusban egyaránt vizsgáljuk. Az iskolai kontextus teremt kapcsolatot egy tantárgy különböző témakörei, illetve az egyes tantárgyak tananyaga között. A realiztikus kontextusú feladatok a tanulók mindennapi életéhez, tapasztalataihoz, illetve az azon túlmutató, tágabb összefüggésekhez, a természettudomány társadalmi és globális kérdéseire, problémáikhoz kapcsolódnak.

### **1.3.3. Diszciplináris dimenzió**

Hazánkban nagy hagyománya van a diszciplináris szemléletű természettudományos oktatásnak, amely a szaktudományoknak megfelelően kialakított természettudományos tantárgyak (biológia, fizika, kémia) keretében, a szaktudományok logikája szerinti elrendezésben közvetíti a tudományos ismereteket.

A diszciplináris dimenzió a szakértői tudás megszerzését állítja a középpontba, és annak fontosságát hangsúlyozza, hogy a tanulók tudása szaktudományi szempontból helytálló és egységes rendszert alkosson. Ehhez szükség van az alapfogalmak pontos ismeretére, a szorosan egymásra épülő fogalmak hierarchiájának megértésére, a tudományos állítások érvényességét igazoló bizonyítékok elsajátítására. A diszciplináris dimenzióban ezért lényeges szerepet kap a megértés, az ismeretek értelmes elsajátítása és az azt eredményező tanulás pszichológiai háttere. Az ismeretek elsajátításával, a mentális reprezentációval, a fogalmi fejlődéssel, a megértéssel kapcsolatos kutatási eredményeket Korom és Szabó (2012) munkája alapján mutatjuk be.

A mentális reprezentációról, a külvilág dolgainak a pszichikus rendszerben való leképezéséről, a fogalomalkotásról, a fogalmi rendszer fejlődéséről a kognitív pszichológia számos kutatási eredménnyel szolgál. A világ megismerése során a memóriában az ismeretek bonyolult hálózata jön létre, amely dinamikus rendszer, folyamatosan épülnek be újabb elemek, tapasztalatok, illetve változnak a tudáselemek közötti kapcsolatok.

A tudományos ismeretek megértését, az értelemgazdag tanulást az 1970-es évektől kezdték el intenzíven vizsgálni (Ausubel, 1968; Habók, 2004). Kiderült, hogy a tanulók gyakran nem értik vagy más módon értelmezik a tudományos fogalmakat, mint ahogyan az elvárható lenne. Kezdetben ezeket a tudományosan elfogadottaktól különböző tanulói elképzeléseket tévképzeteknek nevezték (Korom, 2002). Később inkább a gyermeki elképzelés, naiv meggyőződés kifejezéseket használták, mert a csecsemőkkel, kisgyermekkel végzett kutatások rámutattak arra, hogy a világ megismerésének módja alapvetően különbözik a gyerekek és a tudósok esetében. A gyerekek tudásterület-specifikus alapelvek és saját közvetlen tapasztalataik alapján értelmezik az őket körülvevő világot. Fogalomrendszerük természetszerűleg eltér a tudományostól, ezért a természettudományok tanulása során előzetes tudásuk nincs mindig összhangban a tudományos ismeretekkel. A fogalmi fejlődés gyakran évekig tartó, esetenként nagyobb váltásokat, átrendeződéseket igénylő folyamat, amelyet megfelelő oktatási módszerekkel (pl. kognitív konfliktus előidézése, vita, a naiv meggyőzések tudatosítása, bizonyítékok elemzése) segíteni lehet (Korom, 2005).

A tudományos fogalmak elsajátításának kutatása napjainkban is zajlik, de a hangsúly már nem a tévképzetek gyűjtésén van, hanem a tanulásban való előrehaladáson (*learning progression*). Egy-egy fogalom, ismeretrendszer elsajátításában meghatározzák a megértés szintjeit, fokozatait, amit alapul vesznek a tantervek és standardok kidolgozásánál, valamint a tanulói tudás értékelésénél (Corcoran, Mosher és Rogat, 2009; Wilson, 2009; Alonzo és Gotwals, 2012). Olyan mérőeszközök kifejlesztése a cél, amelyekkel meghatározhatók a tanulásban való előmenetel szintjei, részletesen megmutatható az ismeretek változása, és a részletesebb információk révén az iskolai fejlesztőmunka is személyre szabottabb, hatékonyabb lehet.

A tudományos ismeretek hatékonyabb tanításához hozzájárul az is, ha a tanterv nem pusztán felsorolja a megtanítandó tartalmakat, összefüggéseket, hanem kiemeli az átfogó alapelveket és támpontot ad azok megismertetéséhez. Egy természettudósokból, természettudományos nevelőkből álló szakértői csoport 2009-ben összegyűjtötte azokat a legfontosabb alapelveket (*big ideas*), amelyek megértéséhez minden tanulónak el kellene jutnia a kötelező természettudományos oktatás végére. A természettudományos diszciplináris tudáshoz kötődve 10, a tudomány természetével, működésével kapcsolatban 5 alapelvet, ideát fogalmaztak meg (Harlen, 2010). Öt évvel később a munkacsoport részletes útmutatást dolgozott ki az alapel-

vek fokozatos kiépítéséhez (*progression in developing big ideas*), és ajánlásokat fogalmazott meg a tantervi tartalomra, a tanulói tevékenységekre, a tanulók értékelésére és a tanártovábbképzésekre vonatkozóan, továbbá kiemelte a kutatásalapulást, a STEM (*science, technology, engineering, mathematics*) tantárgyak közötti kapcsolatteremtés fontosságát (Harlen, 2015).

#### **1.3.4. A diagnosztikus mérések további szempontjai: a fejlődés és a tartalom**

A tanulás célja mellett a természettudományi tudás diagnosztikus értékelésében a második szempont a fejlődés volt. Ebben a tekintetben a hat évfolyamot három kétéves szakaszra bontottuk: az 1–2., a 3–4. és az 5–6. évfolyamra. Itt azonban nem jelölhető ki szigorú határok, hiszen a tanulók fejlettségében, egyéni fejlődési ütemében nagy különbségek vannak. A diagnosztikus mérés lényege éppen abban rejlik, hogy megtudjuk, kialakult-e, működik-e már egy adott gondolkodási művelet, megértett-e a tanuló egy adott fogalmat, vagy tudja-e alkalmazni ismereteit. Ahol a szakirodalomból ismert empirikus adatok lehetővé tették, a tartalmi keretekben jeleztük a tudás fejlődésében megmutatkozó fokozatokat, és utaltunk arra, hogyan lehet figyelembe venni a feladatírás során az életkori sajátosságokat.

A diagnosztikus mérések harmadik szempontja a természettudomány területén rendelkezésre álló tartalmak köre volt, amelyet a PISA-vizsgálatokban alkalmazott tartalmi felosztást alapul véve határoltunk körül, három tartalmi területet megkülönböztetve: Élettelen rendszerek, Élő rendszerek, Föld és a világegyetem. Mindhárom tartalmi területen témakörök szerint tekintjük át a legfontosabb diszciplináris ismereteket, ugyanakkor a diagnosztikus értékelés szempontjából fontosnak tartjuk az egyes diszciplinákon átívelő alapfogalmak, összefüggések megértését is. Ezek a következők:

**ANYAG.** Az anyag a természettudományok alapfogalma, a természettudományos diszciplinák közül elsősorban a fizika és a kémia foglalkozik az anyagok szerkezetének, jellemzőinek, állapotainak és változásainak leírásával, de a biológia és a földrajz számos témaköre is hozzájárul az anyagokról szerzett tudás gazdagodásához. Az anyagokkal kapcsolatos tananyag az 1–6. évfolyamon az anyagfajták megkülönböztetésére, az anyagok tulajdonságaira, a halmazállapotok jellemzésére vonatkozik. Megalapozza az anyagok csoportosításának, az anyagok állapotainak és változásainak későbbi megértését és

számos más alapelv felismerését (például az anyagnak különböző fajtái vannak; az anyagok sajátos szerkezettel és tulajdonságokkal rendelkeznek; az élő, élettelen természet és a mesterséges környezet egyaránt anyagokból áll).

**ENERGIA.** Az energia absztrakt fogalom, a természettudományos képzés kezdeti szakaszában tapasztalati szintű megalapozása történik. A tanulók hétköznapi szituációk, jelenségek kapcsán neveznek meg energiafajtákat (elektromosság, fény), illetve energiaforrásokat. Példákon keresztül jutnak el az energia fogalmával kapcsolatos alapelvek elemi szintű értelmezéséhez: az energiának számos formája van, és számos formába át tud alakulni; minden változáshoz, működéshez, így az élő szervezet működéséhez is energia szükséges; a Föld számára a Nap az alapvető energiaforrás.

**SZERKEZET ÉS MŰKÖDÉS.** A természettudományok tanulásában alapvető a dolgok szerkezete, struktúrája és működése, funkciója közötti összefüggések felismerése. A tananyag számos lehetőséget kínál arra, hogy példákon keresztül a tanulók már kisiskolás korukban eljussanak néhány egyszerűbb összefüggés általánosabb formában való megfogalmazásához.

**RENDSZEREK ÉS KÖLCSÖNHATÁSOK.** A természettudományokra általánosan jellemző a rendszerszemléletű megközelítés. A tanulmányok során fokozatosan alakul ki a különböző szerveződési formák, szintek közötti viszonyok felismerése, a rendszerek közötti és a rendszeren belüli kölcsönhatások, szabályozási, információátadási folyamatok megértése, a zárt és a nyílt rendszer fogalma.

**ÁLLANDÓSÁG ÉS VÁLTOZÁS.** A természettudományok tanulásának alapvető feltétele a térben, időben való tájékozódás, a rendszerek és elemeik állapotainak, változásainak jellemzése, a rendszeren belüli és a rendszerek közötti folyamatok időbeli változásának megértése, az anyag- és energiamegmaradás törvényének ismerete.

**TUDOMÁNYOS MEGISMERÉS.** A természettudományos tudás részét képezi a tudományról, annak működéséről, a tudás keletkezéséről, a tudományos megismerés módjairól való tudás, valamint az empirikus vizsgálatokhoz, a modellalkotáshoz, a tudás adaptívitásának teszteléséhez szükséges készségek és képességek. A tudományos megismerés módszerei közül kisiskoláskorban elsősorban a megfigyelés, a vizsgálat, a kísérletezés fordul elő, a tanulók megismerkednek néhány alapvető eljárással (pl. becslés, mérés, viszonyítás, megfigyelési szempontok kiválasztása, kérdések megfogalmazása, hipotézisalkotás, a vizsgálat megtervezése, adatgyűjtés, az adatok értékelése, értelmezése, prezentálása).

TUDOMÁNY, TÁRSADALOM ÉS TECHNIKA. A tudomány, társadalom, technika bonyolult kapcsolatrendszerének, összefüggéseinek felismerése, megértése, kritikus megközelítése kiemelten fontos eleme a természettudományos műveltségnek, feltétele a felelős állampolgári létnek. A természettudományos kutatások társadalmi jelentőségének, hatásainak tárgyalása, egyszerű technológiai folyamatok megismerése, a fenntarthatósággal, a környezetvédelemmel, az állampolgári felelősséggel kapcsolatos kérdések, problémák felvetése már elemi szinten is lehetséges a tanulók tapasztalataihoz, tudásához, érdeklődéséhez igazodva.

A három tanulási dimenziót, a három életkori sávot és a három tartalmi területet egymásra vonatkoztatva 27 blokk adódik, ezek jelölik ki a kötet tartalmi egységeit. A pszichológiai dimenziót, a természettudományos gondolkodás fejlődését és a gondolkodási képességek mérését mutatja be a második fejezet. A harmadik fejezet a természettudományi tudás alkalmazását elősegítő tanítási módszerek mellett a tudás alkalmazásának mérésére mutat példákat a PISA-vizsgálatokból ismert személyes, társadalmi és globális kontextusban. A negyedik fejezet a természettudományos tudás értékelésének diszciplináris elveit, a szaktudományok rendszerét követő tartalmi elemek értékelését tárgyalja, kiemelve az ismeretek egymásra épülésének, a fogalmi rendszerek bővülésének szempontját.

Mindhárom fejezet szövege gazdagon illusztrált számítógép-alapú feladatokkal. A feladatok sorszáma előtt kódok jelzik, hogy mely dimenzióhoz köthetők: G = gondolkodási, A = alkalmazási, D = diszciplináris. A feladatírók, gyakorló pedagógusok munkáját egyaránt segítheti a kötet végén található *Melléklet*, amely táblázatos formában foglalja össze a három tartalmi területen (Élettelen rendszerek, Élő rendszerek, Föld és a Világegyetem) életkori sávok szerint azokat a tudáselemeket, tevékenységeket, amelyek alapját képezhetik a természettudományi tudás fejlesztésének és értékelésének. A táblázatban – a mérés három dimenziójának megfelelően – színes háttérrel különülnek el az egyes témakörökhöz tartozó ismeretek (fogalmak, tények, összefüggések), tevékenységek, gondolkodási műveletek, valamint a tudás alkalmazása, a hétköznappal való kapcsolatteremtés.

## 1.4. Irodalom

- Adey, Philip és Csapó Benő (2012): A természettudományos gondolkodás fejlesztése és értékelése. In: Csapó Benő és Szabó Gábor (szerk.): *Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. 17–58.
- Adey, P., Csapó, B., Demeteriou, A., Hautamäki, J. és Shayer, M. (2007): Can we be intelligent about intelligence? Why education needs the concept of plastic general ability. *Educational Research Review*, **2**, 2. sz. 75–97.
- Adey, P., Shayer, M. és Yates, C. (2001): *Thinking Science: The curriculum materials of the CASE project* (3. kiad.). Nelson Thornes, London.
- Akinoglu, O. és Ozkardes-Tandogan, R. (2007): The effects of problem-based active learning in science education on students' academic achievement, attitude and concept learning. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, **3**, 1. sz. 71–81.
- Alonzo, A. C. és Gotwals, A. W. (2012, szerk.): *Learning progressions in science: current challenges and future directions*. Sense Publishers, Rotterdam.
- Ausubel, D. P. (1968): *Educational psychology: A cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston, New York.
- B. Németh Mária és Korom Erzsébet (2012): A természettudományos műveltség és az alkalmazható tudás mérése. In: Csapó Benő és Szabó Gábor (szerk.): *Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. 59–92.
- B. Németh Mária, Korom Erzsébet és Nagy Lászlóné (2012): A természettudományos tudás nemzetközi és hazai vizsgálata. In: Csapó Benő (szerk.): *Mérlegen a magyar iskola*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. 131–190.
- Bybee, R. és Fuchs, B. (2006): Preparing the 21st century workforce: A new reform in science and technology education. *Journal of Research in Science Teaching*, **43**, 4. sz. 349–352.
- Bybee, R. W. (1997): Towards an understanding of scientific literacy. In: Gräber, W. és Bolte, C. (szerk.): *Scientific literacy. An international symposium*. Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, Kiel. 37–68.
- Bybee, R., McCrae, B. és Laurie, R. (2009): PISA 2006: An assessment of scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, **46**, 8. sz. 865–883.
- Corcoran, T., Mosher, F. A. és Rogat, A. (2009): *Learning progressions in science: An evidence-based approach to reform*. Consortium for Policy Research in Education. Center on Continuous Instructional Improvement. Teachers College-Columbia University.
- Csapó Benő (2008): A tanulás dimenziói és a tudás szerveződése. *Educatio*, **2**, sz. 207–217.
- Csapó Benő (2010): Goals of learning and the organization of knowledge. In: Klieme, E., Leutner, D. és Kenk, M. (szerk.): *Kompetenzmodellierung Zwischenbilanz des DFG Schwerpunktprogramms und Perspektiven des Forschungsansatzes. Zeitschrift für Pädagogik*, **56**, Beiheft. Weinheim, Basel, Beltz, 12–27.
- Csapó, B. (1992): Improving operational abilities in children. In: Demetriou, A., Shayer, M. és Efklides, A. (szerk.): *Neo-Piagetian theories of cognitive development. Implications and applications for education*. Routledge and Kegan Paul, London. 144–159.
- Csapó, B. (2004): Knowledge and competencies. In: Letschert, J. (szerk.): *The integrated person. How curriculum development relates to new competencies*. CIDREE, Enschede. 35–49.

- D. Molnár Éva (2013): *Tudatos fejlődés. Az önszabályozott tanulás elmélete és gyakorlata*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Demetriou, A. (2004): Mind, intelligence, and development: A general cognitive, differential, and developmental theory of the mind. In: Demetriou, A. és Raftopoulos, A. (szerk.): *Developmental change: Theories, models and measurement*. Cambridge University Press, Cambridge. 21–73.
- Dochy, F., Segers, M., Van den Bossche, P. és Gijbels, D. (2003): Effects of problem-based learning: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, **13**. 533–568.
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H. és Briggs, D. C. (2012): Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-Analysis. *Review of Educational Research*, **82**. 3. sz. 300–329.
- Gräber, W. (2000): Aiming for scientific literacy through self-regulated learning. In: Stochel, G. és Maciejowska, I. (szerk.): *Interdisciplinary education – challenge of 21<sup>st</sup> century*. FALL, Kraków, 101–109.
- Habók Anita (2004): A tanulás tanulása az értelemgazdag tanulás elsajátítása érdekében. *Magyar Pedagógia*, **104**. 4. sz. 443–470.
- Harlen, W. (2010): *Principles and big ideas of science education*. Association for Science Education. College Lane, Hatfield, Herts.
- Harlen, W. (2015): *Working with big ideas of science education*. Science Education Programme (SEP) of IAP, Trieste.
- Hurd, P. D. (1958): Science literacy: Its meaning for American schools. *Educational Leadership*, **16**. 1. sz. 13–16.
- Inhelder, B. és Piaget, J. (1958): *The growth of logical thinking*. Routledge and Kegan Paul. London. [Magyarul: A gyermek logikájától az ifjú logikájáig. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1967.]
- Korom Erzsébet (2002): Az iskolai és a hétköznapi tudás ellentmondásai: a természettudományos tévképzetek. In: Csapó Benő (szerk.): *Az iskolai tudás*. (Második kiadás.) Osiris Kiadó, Budapest. 149–176.
- Korom Erzsébet (2005): *Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás*. Műszaki Kiadó, Budapest.
- Korom Erzsébet és Szabó Gábor (2012): A természettudomány tanításának és felmérésének diszciplináris és tantervi szempontjai. In: Csapó Benő és Szabó Gábor (szerk.): *Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. 93–150.
- Krajcik, J. S. és Blumenfeld, P. C. (2006): Project-based learning. In: Sawyer, R. K. (szerk.): *The Cambridge handbook of the learning sciences*. Cambridge University Press.
- McGuinness, C. (2005): Teaching thinking: Theory and practice. *British Journal of Educational Psychology Monograph*, **2**. 3. sz. 107–126.
- Molnár Gyöngyvér (2006): *Tudástranszfer és komplex problémamegoldás*. Műszaki Kiadó, Budapest.
- Molnár Gyöngyvér (2010): Technológia-alapú mérés-értékelés hazai és nemzetközi implementációi. *Iskolakultúra*, **20**. 7–8. sz. 22–34.
- Molnár Gyöngyvér (2011): Az információs-kommunikációs technológiák hatása a tanulásra és oktatásra. *Magyar Tudomány*, **9**. sz. 1038–1047.
- Molnár Gyöngyvér (2015): A képességmérés dilemmái: a diagnosztikus mérések (eDia) szerepe és helye a magyar közoktatásban. *Génius Műhely Kiadványok*, **2**. sz. 16–29.



- Molnár Gyöngyvér és Csapó Benő (2013): Az eDia online diagnosztikus mérési rendszer. XI. Pedagógiai Értékelési Konferencia. Szeged, 2012. április 11–13. 82.
- Molnár Gyöngyvér és Magyar Andrea (2015): A számítógép alapú tesztelés elfogadottsága pedagógusok és diákok körében. *Magyar Pedagógia*, **115**. 1. sz. 49–66.
- Molnár Gyöngyvér és Pásztor Attila (2015): A számítógép alapú mérések megvalósíthatósága kisiskolás diákok körében: első évfolyamos diákok egér- és billentyűzet-használati képességeinek fejlettségi szintje. *Magyar Pedagógia*, **115**. 3. sz. 237–252.
- Molnár Gyöngyvér és Pásztor-Kovács Anita (2015): A számítógépes vizsgáztatás infrastrukturális kérdései: az iskolák eszközparkjának helyzete és a változás tendenciái. *Iskolakultúra*, **25**. 4. sz. 49–61.
- Nagy Lászlóné (2006): *Az analógiás gondolkodás fejlesztése*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- Nagy Lászlóné (2010): A kutatásalapú tanulás/tanítás ('inquiry-based learning/teaching', IBL) és a természettudományok tanítása. *Iskolakultúra*, **20**. 12. sz. 31–51.
- National Research Council (NRC) (2010): *Exploring the intersection of science education and 21st century skills: A workshop summary*. Margaret Hilton, Rapporteur; National Research Council. National Academies Press, Washington, DC.
- National Research Council (NRC) (2012): *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education, The National Academies Press, Washington, DC.
- National Science Teachers Association (NSTA) (2011): *NSTA Position statement: Quality science education and 21<sup>st</sup>-century skills*.
- NGSS Leads States (2013): *Next generation science standards: For states, by states*. The National Academies Press, Washington, DC.
- OECD (2014): *PISA 2012 results in focus. What 15-year-olds know and what they can do with what they know*. OECD, Paris.
- Partnership for 21<sup>st</sup> Century Skills (P21) (2009): *Framework for 21<sup>st</sup> century learning. Science Maps*.
- Polman, J. L. (2000): *Designing project-based science: Connecting learners through guided inquiry*. Teachers College Press, New York.
- Rocard, M., Csermely P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. és Hemmo, V. (2007): *Science education NOW: A renewed pedagogy for the future of Europe*. European Commission, Brussels.
- Wilson, M. (2009): Measuring progressions: Assessment structures underlying a learning progression. *Journal of Research in Science Teaching*, **46**. 6. sz. 716–730.