



SZALAY LUCA – BORBÁS RÉKA – FÜZESI ISTVÁN –
TÓTH ZOLTÁN

A kémia tantárggyal és a természettudományos kísérletekkel kapcsolatos attitűdök változása egy kutatásalapú természettudomány-tanításhoz kapcsolódó longitudinális vizsgálat során

TANULMÁNYOK (MŰHELY)

ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulók természettudományos tárgyakkal kapcsolatos attitűdjei meghatározók a kutatással és fejlesztéssel foglalkozó szakemberek számának jövőbeni alakulása tekintetében. Ezek az attitűdök a természettudományos műveltség fejlődése szempontjából is kulcsfontosságúak, amire viszont a társadalom minden tagjának szüksége van. A kutatásalapú természettudomány-tanítást sokan javasolták a motiváció növelésére és a diákok természettudományok iránti attitűdjeinek javítására, valamint annak megértésére, hogy hogyan működik maga a természettudomány. 2016 szeptemberében egy longitudinális vizsgálatot kezdtünk az irányított kutatásalapú tanulásnak a diákok ténybeli tudására, kísérlettervező képességére és a kémiával, illetve a kísérletekkel kapcsolatos attitűdjére gyakorolt hatásáról. 18 iskola 31 osztályának/tanulócsoportjának 920 (a projekt kezdetén 12-13 éves) diákja vett részt benne, akiket 24 tanár tanított. Az eredeti tervek szerint a négyéves kötelező kémiatanulásukat a kutatócsoportunk által készített, tanévente hat feladatlpra és tanári útmutatóra épített tanulókísérleti órával kívántuk befolyásolni. Azonban a COVID-19 járvány által az utolsó tanévben okozott problémák miatt a projekt csak 2021 nyarán fejeződhetett be. A kutatócsoportunk által végzett fejlesztésnek sajnos nem volt kimutatható szignifikáns pozitív hatása a kémia tantárgy szeretetére. A kísérletek természettudományokban betöltött szerepét pedig 7. osztály végén kevésbé tartották a tanulók fontosnak, mint ugyanannak a tanévnek az elején. A következő években a kísérletek fontosságának megítélése körülbelül a projekt kezdetekor mért szinten stabilizálódott. Pozitívum, hogy a kísérlettervezés elutasitottsága a 8. osztályban jelentősen csökkent, de a kutatási mintában „az iskolák rangsorában alacsonyabb besorolású” iskolák tanulói a többi iskola diákjainál jobban ragaszkodtak a receptszerű kísérletekhez.

Kulcsszavak: *attitűdvizsgálat, kutatásalapú tanulás, természettudomány-oktatás, természettudományos kísérletek, kémiatanítás*

BEVEZETÉS

A 2007-ben nyilvánosságra hozott Rocard-jelentés (Rocard és mtsai, 2007) leszögezte, hogy az európai országokban vészesen csökken a fiatalok érdeklődése a természettudományok és a matematika iránt, ami két okból is problémát jelent. Egyrészt emiatt hosszú távon nem lesz Európában elegendő szellemi kapacitás az e téren szükséges innovációhoz és minőségi kutatáshoz. Másrészt a teljes népesség körében is gondot okoz a megfelelő természettudományos műveltség hiánya, mivel a társadalmi jólét és az egyén boldogulása is egyre inkább függ e műveltség szintjétől. A Rocard-jelentés megállapította, hogy a fentiek miatt változtatni kell azokon a módszereken, ahogyan az iskolákban a természettudományokat oktatják. A szerzők nagyon ígéretesnek találták az angol nyelvű szakirodalomban *inquiry-based science teaching/ learning/education* (IBST/IBL/IBSE, Nagy-Britanniában: *enquiry*) neveken említett módszercsoportot, amelynek magyar megfelelője a „kutatásalapú tanulás/tanítás/oktatás”. Ennek lényege az, hogy az oktatás során a természettudományos kutatások lépéseinek modellezése történik (Olson és Loucks-Horsley, 2000); természetesen egyszerűsített, a tanulók előzetes tudásához és meglévő, illetve fejlesztendő képességeihez igazított formákban. Ezek alkalmazásakor a diákok aktív szerepet játszanak a tudáshoz vezető utak bejárásában. Így nemcsak a ténybeli tudást sajátítják el, hanem megismerik azt a folyamatot is, ami a valódi kutatást megkülönbözteti az áltudományoktól, és ezért a tudományos eredményeket (az áltudományokkal ellentétben) megbízhatóvá teszi. Hofstein és Kempa (1985) szerint e módszer alkalmazása a „kíváncsi” és a „szociálisan motivált” típusba sorolható diákok körében növeli a motivációt.

Csermely Péter akadémikus, aki a Rocard-jelentést készítő nemzetközi szakértői bizottság tagja volt, 2008-ban a magyar természettudomány-oktatás problémáit feltáró, és a megoldásaikra javaslatokat tevő *ad hoc* bizottság társelnöke lett, amelyet az Országos Köznevelési Tanács (OKNT) hozott létre erre a célra (Kertész, 2009). Így az OKNT *ad hoc* bizottság is javasolta a kutatásalapú tanulási módszer implementációját a magyar oktatási rendszerbe. Ezt segítette, hogy az Európai Unió a 7. keretprogramjának égisze alatt több nagyléptékű nemzetközi projektet is támogatott, amelyek a kutatásalapú tanulás kutatását és disszeminációját (az eredmények és az ismert jó gyakorlatok terjesztését) szolgálták (Gérard és Snellmann, 2011). A PISA 2006 addigra publikált eredményei (OECD, 2007) azt mutatták, hogy a magyar diákoknak a saját, tárgyi tudás terén nyújtott teljesítményükhöz képest különösen gyenge a természettudományos megismerés folyamatával kapcsolatos tudása, így emiatt is szükségesnek látszott a kutatásalapú tanulás gyakoribb alkalmazásának előmozdítása az iskolai nevelési-oktatási kultúrában. Ezért ez megjelent egyes tanártovábbképzések és konferencia-előadások témájaként (pl. a Magyar Génius Program, 2009-2012,¹ a Tehetséghidak Program² és az Öveges József Program³ keretében). Majd a módszer hatékonyságának vizsgálatára a TÁMOP-4.1.2.B.2-13/1-2013-0007 számú, *ORSZÁGOS KOORDINÁCIÓVAL A*

¹ <https://palyazatok.org/magyar-geniusz-integral-tetehsegsegito-program-tamop-344b-081-il-letve-a-tamop-344b-082/> (utolsó látogatás: 2022. 04. 02.)

² <https://tehetseghidak.hu/> (utolsó látogatás: 2022. 04. 02.)

³ <https://nkfih.gov.hu/palyazoknak/oveges-jozsef-program/oveges-jozsef-program> (utolsó látogatás: 2022.04.02.)

PEDAGÓGUSKÉPZÉS MEGÚJÍTÁSÁÉRT című projekt égisze alatt kutatócsoport is alakult (Szalay, 2014).⁴ Ennek keretében a 2014/15. tanévben egy rövid empirikus kémia tantárgypedagógiai kutatást végeztünk, 660 kilencedik osztályos tanuló bevonásával. E mérés szerint már két olyan gyakorlati feladat megoldása után, amelyek receptszerűen leírt tanulókísérletek diákok által tervezett vizsgálatokká alakításával születtek, statisztikailag szignifikáns javulás volt kimutatható a tanulók kísérlettervező képességében a kontrollcsoportéhoz képest, akik ugyanazokat a kísérleteket receptszerű leírás alapján végezték (Szalay és Tóth, 2016).

IRODALMI ÖSSZEFOGLALÓ

A nemzetközi szakirodalomban régóta és széles körben ismert az attitűdök és a teljesítmény közötti összefüggés (Bauer 2008; Osborne, Simon és Collins, 2003), bár a korreláció nem mindig mutatható ki (Kousa, Kavonius és Aksela, 2018). Ross, Guerra és Gonzalez-Ramos (2020) pedig arra figyelmeztetnek, hogy ezek az összefüggések valószínűleg bevonódási hatásokat is rejtenek. Mindemellett a kutatásalapú tanulási módszer alkalmazását Kahn és O'Rourke (2005) a kíváncsiság felkeltésére, és sokan mások is az érdeklődés növelése érdekében javasolták (pl. Bybee, 2000; Zimmerman, 2007). Több kutató szerint a motiváció mellett az önbizalmat is növelik (Walker, Sampson, Southerland és Enderle, 2016; Winkelman és mtsai, 2015). Néhány tanulmány azt állítja, hogy a kutatásalapú módszerek javítják a diákok természettudományokkal (Walker és mtsai, 2016), illetve – egy természettudomány alapszakos egyetemi hallgatók körében végzett vizsgálat szerint – kifejezetten a kémiával kapcsolatos attitűdjét (Kerr és Yan, 2016). Ozel, Caglak és Erdogan (2013) megállapítják, hogy a közoktatásban a tanulók eredményei és a hozzáállásuk egyaránt javítható élvezhető természettudományos tanórákkal. Walker (2007) szerint a diákok többsége szereti az ilyen típusú vizsgálatokat, különösen azokat, amelyek **kihívást jelentő, de azért nem túl nehéz kérdéseket vetnek föl**. Az elköteleződést pedig többen is fontosnak tartják a motiváció fejlesztése szempontjából (Cannady, Vincent-Ruz, Chungc és Schunn, 2019; Fredricks, Blumenfeld és Paris, 2004; Vincent-Ruz és Schunn, 2017).

Számos tanulmány mutatott rá arra, hogy a kutatásalapú tanulási módszer egyetemi biokémiai kurzusokon való alkalmazása nyomán a fogalmi megértés erősödését és a tantárgyi attitűdök javulását tapasztalták (Basaga, Geban és Tekkaya, 1994; Knutson, Smith, Nichols, Wallert és Provost, 2011). Az ipari problémákra alapozott laboratóriumi gyakorlatok elvégzése után a kémia alapszakos egyetemisták a kihívást, a kontextust és a kísérletek megtervezésére kapott lehetőséget jelölték meg olyan okokként, amelyek miatt élvezték ezt a tevékenységet (George-Williams és mtsai, 2018). Érdekes viszont, hogy míg Finnországban a 15 éves diákok a tanulóközpontú módszereket részesítették előnyben (Kousa és mtsai, 2018), Chonkaew, Sukhummeek és Faikhamta (2016) úgy találta, hogy a problémaalapú tanulási tevékenységek növelték a 11. osztályos diákok pozitív hozzáállását a természettudományok tanulásához, néhányan pedig negatív eredményekről számoltak be. Utóbbiak szerint a kutatásalapú módszerek egyetemi szinten kevéssé befolyásolták a természettudomány és a mérnök alapszakos

⁴ <http://ttomc.elte.hu/> (utolsó látogatás: 2022. 04. 02.)

hallgatók kémiai tantárgyi attitűdjét (*Winkelman és mtsai*, 2015), és a középfokú oktatásban sem változott mindig jelentősen ezek nyomán a diákok hozzáállása a kémiához (*Eymur*, 2018). *Gormally, Brickman, Hallar és Armstrong* (2009) azt írták, hogy a nem természettudomány alapszakos egyetemisták biológiai laboratóriumi gyakorlatai során alkalmazott kutatásalapú módszerekkel szemben mutatott, széles körben ismert ellenállását magyarázhatja, hogy kihívást jelent számukra az, ha maguk is megtapasztalják azokat a nehézségeket, amelyekkel a valódi tudósok szemben találják magukat. Ezért *Bruck és Towns* (2009) szerint a diákok jelentős támogatást igényelnek ezen tevékenységek során. *Walker* (2007) is azt állítja, hogy a közoktatásban tanuló diákok és az egyetemi hallgatók ellenállása a kutatásalapú tanulással szemben azzal magyarázható, hogy ez sokkal megerőltetőbb számukra, mint a hagyományos tanítás közegében való teljesítés. Erőfeszítéseket kell tenniük, hiszen nem tudják, hogyan kell a vizsgálatokat megtervezni és elvégezni. Ennek érdekében **el kell hagyniuk a passzív szerepüket**, és el kell fogadniuk egy új, aktív szerepet, amihez korábban nem szoktak hozzá. Ezért ezeket a módszereket csak fokozatosan lehet bevezetni.

A nemek és a kémia, illetve más természettudományos tantárgyak iránti attitűd kapcsolatai is ambivalensek. *Kahveci* (2015) másokkal (pl. *Cheung*, 2009; *Kousa és mtsai*, 2018) ellentétben nem figyelt meg ebben a tekintetben különbséget a középiskolás fiúk és a lányok között.

KUTATÁSI KÉRDÉSEK

A Bevezetésben leírt történések és a TÁMOP-4.1.2.B.2-13/1-2013-0007 számú, *ORSZÁGOS KOORDINÁCIÓVAL A PEDAGÓGUSKÉPZÉS MEGÚJÍTÁSÁÉRT* című projekt keretében végzett rövid empirikus kutatás eredményei (*Szalay és Tóth*, 2016) nyomán a Magyar Tudományos Akadémia Tantárgy-pedagógiai Kutatási Programja⁵ keretében alakult meg az MTA-ELTE Kutatásalapú Kémiantanítás Kutatócsoport⁶ és kezdődött el a négy tanévre tervezett „Megvalósítható kutatásalapú kémiantanítás” projekt kivitelezése. A longitudinális vizsgálat során a fokozatosság jegyében az irányított kutatásalapú tanuláshoz a diákok ténybeli tudására és kísérlettervező képességére gyakorolt hatását mértük. Az irányított (vagy kötött) kutatásalapú tanulás során ugyanis a diákok készen kapják a kutatási kérdést, és az ő feladatuk csak a vizsgálatok/kísérletek megtervezése, illetve a tapasztalatok értelmezése. Szükségesnek gondoltuk emellett azt is, hogy megvizsgáljuk a módszer potenciális hatását a tantárgyi érdemjegyekre és attitűdökre, valamint a természettudományos kísérletek fontosságának megítélésére, továbbá a kísérlettervező tevékenység elfogadottságára. Az empirikus kutatásba 18 iskola 31 osztályának/tanulócsoportjának 920 (a projekt kezdetén 12–13 éves) diákját vontuk be, akiket akkor 24 tanár tanított. A Bevezetésben és az Irodalmi összefoglalóban leírtak ismeretében a longitudinális vizsgálat során a következő kutatási kérdésekre (KK1–KK4) kerestük a választ:

⁵ <https://mta.hu/tantargy-pedagogiai-kutatasi-program/az-mta-tantargy-pedagogiai-kutato-csoportjai-107076>

⁶ <https://mta.hu/tantargy-pedagogiai-kutatasi-program/mta-elte-kutatasalapu-kemiantanitas-kutato-csoport-107088>

KK1: Milyen hatással van hosszabb távon a tanulók (a feladatlapok megoldása során megszerzett) kémia tantárgyi tudására a kutatásalapú módszerek azon egyszerű változatának alkalmazása, amely során receptszerű tanulókísérleteket részben kísérlettervezető vizsgálatokká alakítunk?

KK2: Milyen hatása van hosszabb távon a tanulók kísérlettervező képességére a KK1 kutatási kérdésben körülírt oktatási módszernek?

KK3: Van-e annak pozitív hatása hosszabb távon a tanulók kísérlettervező képességének fejlődésére, ha a diákok a receptszerű tanulókísérletek után papíron megoldandó kísérlettervező feladatokat kapnak?

KK4: Hogyan változik/változnak egy hosszabb, a fenti módszereket alkalmazó kutatás során

- a) a tanulók kémia tantárgyból szerzett érdemjegyei?
- b) a kémia tantárgy kedveltsége?
- c) az, hogy mennyire tartják fontosnak a tanulók a kísérletek szerepét a természettudományokban?
- d) az, hogy előnyben részesítik-e a receptszerűen leírt kísérletek elvégzését a saját maguk által megtervezett kísérletek elvégzéséhez képest?

A KK1–KK3 kutatási kérdésekkel kapcsolatos eredmények közzlése megtörtént (*Szalay, Tóth és Kiss, 2020; Szalay, Tóth és Borbás, 2021; Szalay, Füzesi, Borbás és Tóth, 2021*). A jelen tanulmányban csak az érdemjegyekkel és attitűdökkel kapcsolatos kutatási kérdés (KK4) megválaszolásával foglalkozunk.

KUTATÁSUNK MÓDSZERTANA

A négy tanévre tervezett longitudinális vizsgálat során mértük a tanulók tárgyi tudásának, kísérlettervező képességének, valamint a kémiával kapcsolatos attitűdjének, illetve a természettudományos kísérletekről alkotott véleményének és tantárgyi érdemjegyeinek változását. A projektbe 2016 szeptemberében bevont 920 tanulót 18 iskola 31 osztályában/tanulócsoportjában minden tanévben a kutatócsoportunk 23-25 kémiatanár tagja tanította. A projekt kezdetekor 7. osztályos diákok négy évig tartó kötelező kémiaoktatását akartuk befolyásolni. Ezért a mintába kizárólag olyan 6 vagy 8 évfolyamos gimnáziumok tanulói kerültek be, akik várhatóan a 7. osztály kezdetétől az érettségi vizsgákig ugyanabban az iskolában tanulták a kémiát. Az osztályokat/tanulócsoportokat a projekt kezdetén véletlenszerűen három csoportba osztottuk. Az 1. csoport (kontroll) tanulói csak receptszerű leírás alapján végeztek csoportos tanulókísérleteket. A 2. csoport ugyanúgy végezte ugyanazokat a kísérleteket, de az 1. tanévben ezen kívül papíron megoldandó kísérlettervező feladatokat is kaptak. A 3. csoportnak pedig a kivitelezés előtt meg is kellett terveznie azon tanulókísérletek egy részét, amelyeket a másik két csoport receptszerű leírás alapján végzett. Az 1. tanévben alkalmazott kutatási modell az 1. ábrán látható.

1. ÁBRA

A 2016/17. tanévben alkalmazott kutatási modell (0. teszt, azaz az attitűdkérdésekkel kiegészített teljesítménymérő előteszt, rövidítve: T0; 1. teszt, azaz az attitűdkérdésekkel kiegészített teljesítménymérő 1. utóteszt, rövidítve: T1)



FORRÁS: saját szerkesztés

Az első tanév végén végzett teljesítménymérés (T1 teszt) eredményei (ld. később) miatt módosított kutatási modell szerint viszont a második tanévtől a 2. csoport tanulói már nem kaptak kísérlettervező feladatokat, de a receptszerűen leírt kísérletek végrehajtása után elmagyaráztuk nekik a feladatlapok segítségével, hogy miért úgy kellett a vizsgálatot elvégezni, ahogy az a receptben le volt írva. A 3. csoport diákjai pedig a második tanévtől kezdve a kísérletek megtervezése előtt iránymutatást kaptak a természettudományos vizsgálatok korrekt kivitelezésének adott esetekre vonatkozó elveiről. A második tanévtől alkalmazott módosított kutatási modell a 2. ábrán látható.

2. ÁBRA

A 2017/18. tanévtől alkalmazott módosított kutatási modell (2. teszt, azaz az attitűdkérdésekkel kiegészített teljesítménymérő 2. utóteszt, rövidítve: T2)



FORRÁS: saját szerkesztés

Mind a négy tanévre hat-hat feladatlapot és tanári útmutatót fejlesztettünk, három változatban a három fenti csoport számára. A 24 feladatlapot és tanári útmutatójukat a kipróbálásban részt vevő tanárok visszajelzései alapján véglegesítettük. Az ezeket tartalmazó fájlok szerkeszthető változatban letölthetők a kutatócsoportunk honlapjáról.⁷

A módszerek hatékonyságát a minden egyes tanév végén megíratott teljesítménymérő tesztekkel (1-4. teszt, rövidítve: T1-T4) mértük, amelyek végén szerepelt a tantárgyi érdemjegyekre és a tantárgyi, valamint a kísérletekkel kapcsolatos attitűdökre vonatkozó kérdőív. Ezek eredményeit vetettük össze a projektbe belépő 7. osztályos diákok által 2016 szeptemberében írt előteszten (0. teszt, rövidítve: T0) szerzett pontszámokkal, illetve a teljesítménymérő teszt feladatait követő kérdésekre adott válaszokkal. Minden teljesítménymérő teszt szerkezete azonos volt: a Bloom-taxonómia szerinti alacsonyabb rendű műveleteket (ismeret, megértés, alkalmazás) igénylő, diszciplináris tudást mérő feladatokat tartalmazó alteszten, és a magasabb rendű műveleteket mérő, kísérlettervező feladatokat tartalmazó alteszten azonos, és minden évben ugyanannyi (9+9 ítemhez rendelt) pontot lehetett szerezni. Tartalmi szempontból a teljesítménymérő tesztek feladatai a vonatkozó kerettantervek által az adott életkorra előírt, és ezen belül a feladatlapjaink által tárgyalt témák köré csoportosultak. Ezen kívül metaadatokat is

⁷ <http://ttomc.elte.hu/publications/90>

gyűjtöttünk a diákokról: a tanuló nemét, az édesanyja legmagasabb fokú iskolai végzettségét (amivel az adott diák szocioökonómiai státuszát jellemeztük), és az iskolája „rangját” (a résztvevő oktatási intézményeket a <https://legjobbiskola.hu> oldalon közölt helyezéseik szerint három kategóriába sorolva: *erős*, *közepes* és *gyenge* – bár meg kell jegyezni, hogy ezek a 6 vagy 8 évfolyamos gimnáziumok **a tanulók korai szelekciós mechanizmusából kifolyólag megkülönböztetett helyzetben lévő iskolák** voltak). Az érdemjegyekkel és attitűdökkel kapcsolatos kutatási kérdést (KK4) részben a tanuló által megadott, az előző tanév végén, illetve félévkor kapott tantárgyi érdemjegyek elemzésével, részben az alábbi három, tantárgyi, illetve a kísérletekkel kapcsolatos attitűdökre vonatkozó, ötfokú Likert-skálán megválaszolható kérdéssel (attitűdkérdések, AK1–AK3) mértük. A tantárgyi érdemjegyekre vonatkozó kérdések közül a T0 teljesítménymérő teszt feladatai után lévő a természetismeret év végi jegyre, a T1–T3 teljesítménymérő tesztek végén található kérdések az adott tanévben félévkor kapott kémiaérdemjegyre, a T4 teljesítménymérő teszt esetében pedig az előző tanév végén kapott kémiaérdemjegyre vonatkoztak.⁸ Az attitűdkérdések közül az alább idézett AK1 és az AK2 kérdések minden egyes teljesítménymérő teszt végén azonosak voltak, kivéve a T0 tesztet, mikor az AK1 kérdés nem a kémia tantárgyra, hanem az 5. és a 6. osztályban tanult természetismeret tantárgyra vonatkozott:

- **AK1:** „Annál nagyobb számot karikázz be, minél jobban kedveled a természetismeret / kémia tantárgyat (0: egyáltalán nem szereted; 4: nagyon szereted)!”
- **AK2:** Annál nagyobb számot karikázz be, minél fontosabbnak tartod, hogy a természettudományokban az elképzeléseinket kísérletekkel igazoljuk (0: egyáltalán nem fontos; 4: nagyon fontos)!”

A következő, AK3 kérdés a T0 teljesítménymérő teszthez kapcsolódóan nem szerepelt, csak a T1–T4 tesztek végén kellett megválaszolnia a tanulóknak.

- **AK3:** „Annál nagyobb számot karikázz be, minél inkább egyetértesz az alábbi kijelentéssel: »Jobban szeretem az olyan kísérleteket, amelyeket leírás (recept) alapján kell elvégezni, mint amelyeket nekem kell megtervezni. «”

A tanulók által kitöltött teljesítménymérő tesztekhez kapcsolódóan megválaszolt, az érdemjegyekre és a tantárgyi attitűdökre, valamint a természettudományos kísérletekre vonatkozó kérdések (amelyekre adott válaszokat a jelen tanulmányban elemezzük) az 1. Függelék a)–c) pontjai alatt rendszerezetten áttekinthetők.

A diákok teszteken nyújtott teljesítményét, tantárgyi érdemjegyeit, illetve a tantárggyal és a természettudományos kísérletekkel szemben mutatott attitűdjeit a saját projektünkben végzett, a három csoport esetében különböző módon megvalósított fejlesztésen kívül nyilvánvalóan más tényezők is befolyásolták. Ezért a teljesítménymérő

⁸ A kutatócsoportunk előző lábjegyzetben említett honlapjáról az összes teszt és javítási útmutatójuk is szerkeszthető formában tölthető le.

tesztek eredményeit és az érdemjegyekre, illetve az attitűdkérdésekre vonatkozó válaszokat kovarianciaanalízissel (IBM SPSS ANCOVA) értékeltük, amely során a tanulónak a projekt kezdetén írt T0 teszten nyújtott teljesítménye volt a kovariáns, az érdemjegyekben, illetve az attitűdökben évenként bekövetkező változások a függő változók, a fejlesztés (tehát a feladatlapok) típusát jelölő csoport, az iskola erőssége, az anya iskolai végzettsége és a nem (fiú/lány) pedig a paraméterek.

A fenti tervek végrehajtását megzavarta, hogy a COVID-19 járvány miatt 2020. március közepétől **a magyar középiskolákban megszűnt a jelenléti oktatás**. Így a 4. tanévre tervezett feladatlapok kipróbálása, illetve a T4 teljesítménymérő teszt megírása és a hozzá kapcsolódó kérdőív kitöltése sok iskolában csak a következő tanévben valósulhatott meg, vagy teljesen elmaradt. Végül összesen 461 olyan diák maradt az eredeti mintából, akik mind az öt teljesítménymérő tesztet megírták, és egyúttal a hozzájuk kapcsolódó, az érdemjegyekre, valamint az attitűdökre vonatkozó kérdéseket is megválaszolták (az 1. csoportból 130 tanuló, a 2. csoportból 162 tanuló, a 3. csoportból pedig 169 tanuló). E csoportok között nem volt szignifikáns különbség a T0 teszt eredményeiben. Ezután következhetett csak az utolsó teljesítménymérő teszt (T4) és a hozzájuk kapcsolódó, fent bemutatott kérdések eredményeinek értékelése 2021 nyarán. Az ebből levont következtetések esetében persze figyelembe kell venni a projekt befejezésének rendkívüli körülményeit.

EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

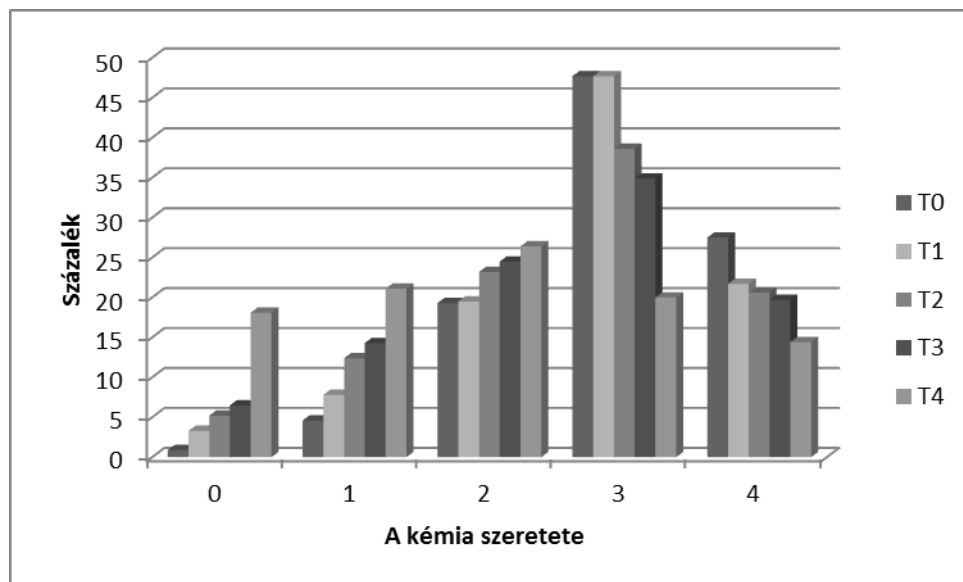
A mintába bevont tanulók közül 461 fő írta meg mind az öt teljesítménymérő tesztet (T0-T4) és válaszolt a hozzájuk kapcsolódó, érdemjegyekre, illetve attitűdökre vonatkozó kérdésekre. Az itt közölt eredmények a teljesítménymérő tesztek feladatait követő kérdőív érdemjeggyel, illetve attitűdökkel kapcsolatos kérdéseire adott válaszokból származó adatok elemzéséből születtek. Az IBM SPSS szoftverrel végzett ANCOVA elemzés statisztikai jellemzőit a 2. Függelék 1–9. táblázata tartalmazza.

A tantárgy kedveltsége (az AK1 kérdésre adott válaszok eredményei)

A 3. ábrán jól látható, hogy a hetedikes diákok a T1-T4 teszthez kapcsolódóan fölteszt kérdésre adott válaszaik alapján kevésbé szerették a kémiát, mint az előző években tanult természetismeretet, amire a T0 teszt végén fölteszt kérdés vonatkozott. Ez a két tantárgy kerettanterveiben (*Kerettantervek*, 2012) megfogalmazott követelményeket tekintve érthető. Hiszen a 7–8. évfolyamra előírt kémiatananyag mennyiségében is sokkal több, minőségében pedig szinte összehasonlíthatatlanul nehezebb (amennyiben a kémiatananyag jóval magasabb absztrakciós szintet igényel), mint az 5–6. évfolyamon tanult természetismeret tananyaga. Ráadásul a természetismeret tantárgyban nagyon kevés a kémia tantárgyat alapozó tananyagrészt, mert túlnyomó részben a biológiához, földrajzhoz, és kisebb részben a fizikához kapcsolódik. A 3. ábra oszlopdiagramjai jól szemléltetik azt is, hogy a kémia tantárgy kedveltsége sajnos az évek során egyre csökken, hiszen a tanulók egyre kisebb százaléka karikázott be a Likert-skálán magas (4 vagy 3) értékeket, és egyre nagyobb arányban adtak alacsony kedveltséget jelölő válaszokat (0-2).

3. ÁBRA

A tanulók válaszainak százalékos eloszlása a kémia tantárgy szeretetére (T1-T4 teszthez kapcsolódóan fölött), illetve a természetismeret tantárgy szeretetére (T0 teszthez kapcsolódóan fölött) vonatkozó kérdésekre ötfokú (0-4) Likert skálán



FORRÁS: saját szerkesztés

A feltételezett paraméterek és a T0 (előzetes tudás) kovariáns hatását a tanulók AK1 kérdésre adott válaszainak változásaira a 2. Függelék 6. táblázata mutatja. Ezekből az adatokból a tantárgy kedveltségének változására az alábbi következtetések vonhatók le.

- Az előismereteknek negatív, szignifikáns hatása van 7. osztályban. Elképzelhető, hogy ezt a természetismeretet jobban kedvelők családottsága okozza.
- Az előismereteknek viszont 8. osztályban már pozitív, szignifikáns hatása van. Ennek magyarázata az akkomodáció lehet, vagyis az, hogy a jobb előképzettséggel rendelkező diákok végül sikeresebben alkalmazkodtak a kémia tantárgy magasabb követelményeihez.
- Az iskola erősségének negatív, szignifikáns hatása van 9. osztályban. Meglehet, hogy a 9. osztályos, eleve igen elvont kémiatananyagot a „magasabb rangú” (erősebbnek mondott) iskolákban még nagyobb kihívás volt elsajátítani, mert a követelmények magasabbak lehettek, mint más iskolákban.

- A fejlesztésnek negatív, szignifikáns hatása van (10./11. osztályban. Erre vonatkozóan feltételezhető, hogy a projekt végéhez közeledve, a kémiát 11. osztálytól már kötelező jelleggel nem tanuló diákok nem szerették az újabb – sok esetben valószínűleg igen nehéznek talált – feladatokat. A 2. és a 3. csoportban egyébként szignifikánsan kisebb volt a 11. osztályban kémia fakultációra járó diákok aránya, mint a kontrollcsoportként szereplő 1. csoportban (2. *Függelék*, 5. táblázat), ami szintén közrejátszhatott ennek az eredménynek a kialakulásában.

A kutatócsoportunk által végzett fejlesztésnek tehát nem volt az általunk alkalmazott mérési módszerrel és statisztikai eszközökkel kimutatható szignifikáns pozitív hatása. Ennek az lehet az oka, hogy a tanulók tantárgyi attitűdjeit elsősorban a többi kémiaórára előírt, illetve az azokon elsajátított tárgyi tudás, valamint a fejlesztett készségek és képességek határozták meg. Hiszen ezek egyrészt mennyiségükben is dominánsak voltak, másrészt pedig (az általunk készített feladatlapokkal, illetve megírt tesztek eredményeivel ellentétben) **beleszámítottak a diákok iskolai értékelésébe** (azaz a félévkor, illetve a tanév végén kapott kémia érdemjegyeikbe).

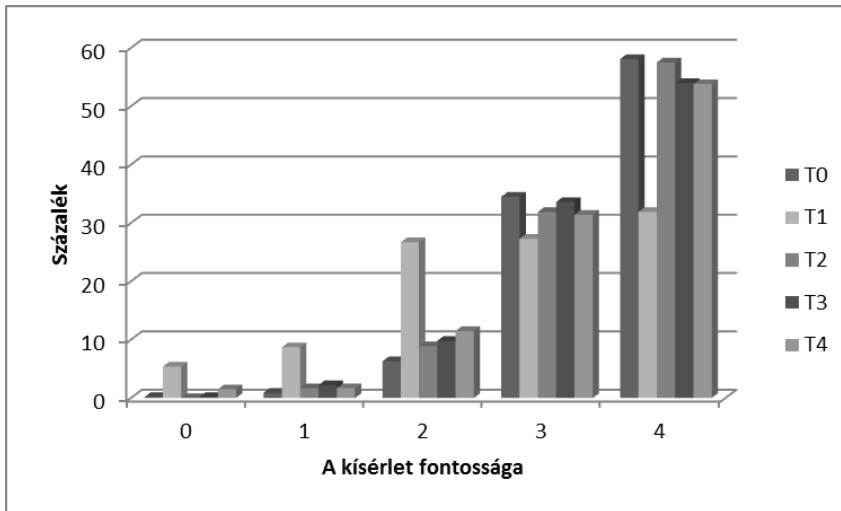
A kísérletek fontosságának megítélése (az AK2 kérdésre adott válaszok eredményei)

A kísérletek természettudományokban betöltött szerepének megítélésére vonatkozó kérdésre adott válaszok eloszlását a 4. *ábra* mutatja. Látható, hogy a 7. évfolyam végén írt T1 teljesítményteszthez kapcsolódóan fölött kérdésre adott válaszokban e tekintetben megjelent egy látványos negatív hatás. Ennek fölétélezhetően az volt az oka, hogy a diákok sokkal több, egyszerűen megtanulandó tény és összefüggést kaptak készen a 7. osztályos kémiatananyagban, mint előtte, az 5–6. évfolyamon a természetismeret tantárgyban, és ezt a kutatócsoportunk által írt feladatlapok sem tudták kompenzálni (*Szalay és mtsai*, 2020). A további tesztekhez kapcsolódó, e témára vonatkozó kérdésekre adott válaszok elemzésekor azonban e tekintetben a 7. osztályos, év végén mért adatokhoz képest javulást tapasztaltunk, és a kezdeti (a 7. osztály elején, a T0 teszthez kapcsolódóan mért) állapot körül stabilizálódtak a vélemények. (Ebben közrejátszhatott az is, hogy a kutatócsoportban végzett levelezésben szó volt erről a váratlan negatív eredményről, és ennek következtében a tanár kollégák beszélhettek a diákjaikkal a természettudományokban végzett kísérletek döntő szerepéről.)

A 2. *Függelék* 7. táblázata szerint a vizsgált paraméterek közül egyedül a fejlesztésnek volt a kísérletek fontosságára vonatkozó véleményekre kimutatható szignifikáns hatása 7. osztályban: a kísérlettervező 3. csoporté kisebb mértékben romlott, mint a másik két csoporté.

4. ÁBRA

A tanulók válaszainak százalékos eloszlása a kísérletek természettudományokban betöltött szerepének fontosságára vonatkozó kérdésre (a T0-T4 tesztekhez kapcsolódóan)



FORRÁS: saját szerkesztés

A receptszerű kísérletek preferálása (az AK3 kérdésre adott válaszok eredményei)

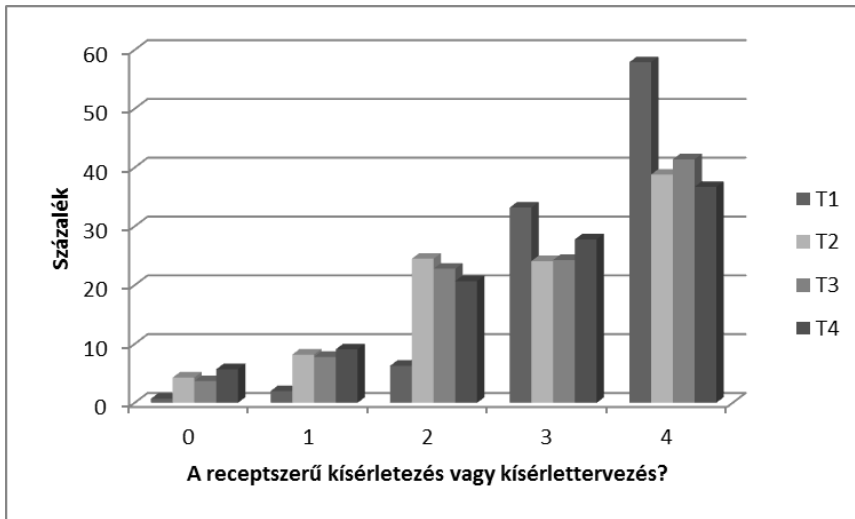
Ez a kérdés csak a tanévek végén íratott tesztekhez (T1-T4) kapcsolódóan szerepelt. Az 5. ábrán látható, hogy a receptszerű kísérletezés végig kedveltebb, mint a kísérlettervezés. Az oszlopdiagramok közül ugyanis a Likert-skála 3-as és 4-es értékének megfelelő oszlopok rendre magasabbak a többi, a receptszerű kísérleteket kevésbé preferáló diákok által adott alacsonyabb (0-2) értékeket mutató oszlopoknál. Azonban 8. osztálytól a receptszerű kísérletezés veszt népszerűségéből, és ez az újabb állapot marad is végig a longitudinális vizsgálat további tanévei során.

Az ANCOVA elemzés alapján (2. Függelék, 8. táblázat) úgy tűnik, hogy a 8. osztályban bekövetkező változásra (amikor a receptszerű leírások alapján való kísérletezés népszerűsége nagyot csökken) a paraméterek közül csak az iskola erősségének van szignifikáns hatása. A „rangsorban alacsonyabb helyre besorolt”/„gyengébb” iskolák tanulói inkább ragaszkodnak a receptszerű kísérletekhez, a közepes és erős iskolák tanulói viszont kevésbé zárkóztak el a kísérlettervezéstől. Ezen kívül még két szignifikáns hatás figyelhető meg:

- 8. osztályban a fiúk jobban elmozdulnak a kísérlettervezés irányába, mint a lányok.
- 10. osztályban a jó előismerettel rendelkező tanulók inkább a receptszerű kísérleteket részesítik előnyben.

5. ÁBRA

A tanulók válaszainak százalékos eloszlása a receptszerű kísérletek preferálására vonatkozó kérdésre a T1-T4 tesztekhez kapcsolódóan



FORRÁS: saját szerkesztés

Természetismeret- és kémiaérdemjegyek

A 6. ábra szerint a tanulók által az 5. és 6. évfolyamon természetismeretből szerzett nagyon jó jegyekhez képest a hetedik osztályban kapott kémiaérdemjegyek lényegesen gyengébbek lettek, de utána nagyjából ezen a szinten stabilizálódtak. Ez ismét csak az-zal magyarázható, hogy a kémia tantárgy követelményei jóval magasabbak az 5–6. osztályban tanított természetismeret tárgyánál.

Az ANCOVA elemzésben kapott értékek (2. Függelék, 9. táblázat) alapján a jegyekre főként két paraméternek, a fejlesztésnek és az iskola erősségének volt szignifikáns hatása. Ezeknek a hatásoknak egy lehetséges értelmezése a következő:

- A fejlesztésnek 7. és (10.)/11. osztályban negatív, 8. és 9. osztályban pozitív hatása volt. Ennek, az első pillantásra furcsa eredménynek egy lehetséges értelmezése az, hogy 7. osztályban a 2. és a 3. csoport tanulójának nehezek voltak a segítség nélkül végzendő kísérlettervező feladatok, és ez csökkentette a jegyekben mért teljesítményüket. A 8. és 9. évfolyamon viszont az addigra már módosított kutatási modell szerint a 2. és a 3. csoport tanulói közvetlenül tanulhatták a kísérlettervezést, aminek valódi fejlesztő, esetleg motiváló hatása lehetett. A 11. osztályban végzett mérés szerint viszont az 1. csoportból (kontrollcsoport) szignifikánsan több tanuló járt kémia fakultációra, mint a 2. és a 3. csoportból (2. Függelék, 5. táblázat). Emiatt lehetnek akkor a kontrollcsoport jegyei átlagosan jobbak a 2. és a 3. csoportokénál.
- Az iskola erősségének 7. osztályban negatív, 8. osztályban viszont pozitív

hatása van. Úgy tűnik, a „gyengébb” iskolákban csak nyolcadikban következik be a romlás, míg az „erősebbekben” inkább már hetedikben. Lehet, hogy utóbbiakban **az iskolába való belépéstől kezdve nagyon magasak a követelmények**, míg az előbbieken hosszabb a „beszoktatási periódus”.

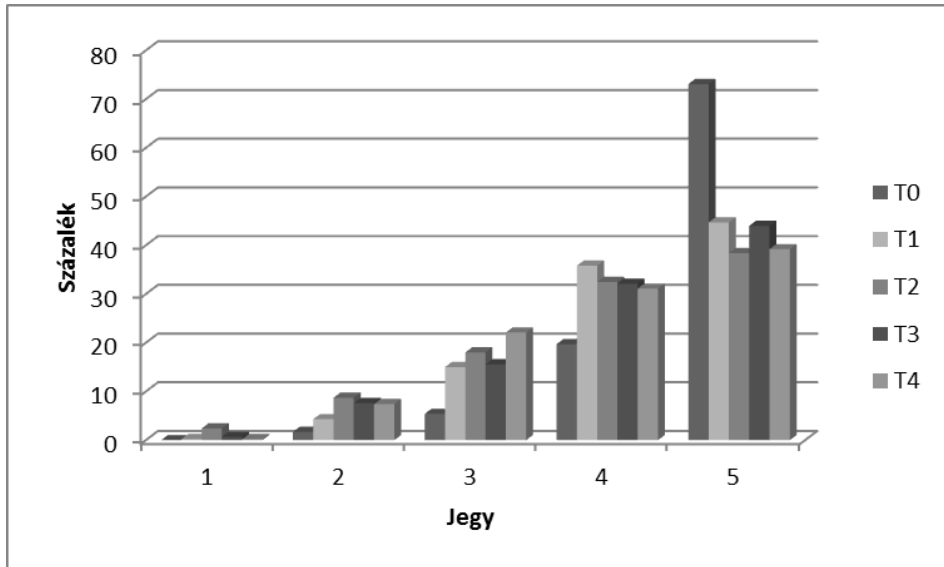
- 8. osztályban a fiúk szignifikánsan nagyobb romlást produkáltak, mint a lányok. Ez származhat az éresi folyamatok nemek közötti különbözőségéből is, de a valódi ok kiderítése további vizsgálatra szorul.

Az előzőekben bemutatott eredmények a szakirodalomban olvasható alábbi megállapításokkal vannak összhangban:

- a) A tantárgyi attitűdök (mint az általunk vizsgált „tantárgyi kedveltség”) az idő előrehaladtával romolhatnak (George, 2000; Metsämuuronen és Tuohilampi, 2014; Potvin és Hasni, 2014). Ennek oka lehet részben az egyre nehezebben teljesíthető követelmények, részben a tanulók érdeklődésének más irányba fordulása (különös tekintettel a továbbtanulási célok kikristályosodására).
- b) A kutatásalapú tanulási módszerek nem feltétlenül változtatják meg szignifikánsan a középiskolás diákok kémiához való hozzáállását (Eymur, 2018). Úgy tűnik, hogy az általunk készített feladatlapokon lévő kísérleteknek sem volt kimutatható hatása.
- c) Általánosan ismert a fiatalok ellenállása a *túl nagy* kihívást jelentő kutatásalapú feladatokkal szemben (Gormally és mtsai, 2009). Valószínűsíthető, hogy részben emiatt (részben pedig a kísérlettervező feladatok szokatlansága miatt) ragaszkodtak az általunk vizsgált minta tanulói is a receptszerű kísérletekhez.
- d) Egy nagymintás vizsgálatról írt magyar tanulmány (Chrappán, 2017) nem tudott erős vagy közepes korrelációt kimutatni az alkalmazott oktatási módszerek és a természettudományos tárgyak iránti attitűd között. Minden bizonnyal sokat számít, hogy az adott módszert hogyan és milyen tanár alkalmazza. Esetükben szükség lehet a tanulók kognitív terhelésének további csökkentésére, pl. egy, a kísérlettervezést segítő séma használatának a gyakoroltatására.
- e) Egyetértünk Ross és mtsai (2020) azon figyelmeztetésével, hogy téves következtetésre vezethet, ha kizárólag a tanulók kémiával kapcsolatos attitűdjei és kémiai eredményei közötti összefüggéseket vizsgáljuk, mert ezek valószínűleg elrejtik a bevonódási hatásokat. Föltehető, hogy (a motiváció változásán keresztül) ezek befolyásolták a tanulók tesztjeinken nyújtott teljesítményét és az attitűdkérdésekre adott válaszaikat is.

6. ÁBRA

A tanulók természetismeret tantárgyból (a T0 teszthez kapcsolódóan megadott), illetve kémia tantárgyból (a T1-T4 tesztekhez kapcsolódóan megadott) érdemjegyeinek százalékos eloszlása



FORRÁS: saját szerkesztés

A KUTATÁSI EREDMÉNYEK KORLÁTAI ÉS JÖVŐBELI ALKALMAZÁSAI

Az eredmények általánosításának legfontosabb korlátja az a tény, hogy a mintát kizárólag a projektben részt vevő 6 vagy 8 osztályos gimnáziumok erősen válogatott tanulói alkották. Nem tudható, hogy milyen hatása lett volna a beavatkozásnak egy más összetételű, esetleg reprezentatív mintán.

A COVID-2019 járvány megakadályozta a 4 tanévre tervezett kutatás 4. tanévének eredeti elképzelések szerinti kivitelezését. Az egyes tanulócsoporthoz más feladatlapon elvégzése maradt a 2020/21. tanévre. Ezek kipróbálása, illetve az utolsó teljesítménymérő teszt (T4) megírása, és az azokhoz kapcsolódó, érdemjegyekre, illetve attitűdökre vonatkozó kérdések megválaszolása is a helyi viszonyoknak megfelelően, különböző körülmények között történt. Az utolsó teszt idejére pedig a mintaszám mintegy felére csökkent, ami értelemszerűen csökkenti az eredmények megbízhatóságát.

Nem lehet túlhangsúlyozni azt a körülményt, hogy milyen sok és sokféle paraméter befolyásolhatta azt, hogy a mintába bevont tanulók milyen tantárgyi érdemjegyeket kaptak, és milyen válaszokat adtak az egyes attitűdkérdésekre. A családi háttér, az iskola és a tanár nyilvánvaló hatása mellett számos egyéb körülmény is közrejátszhatott az általunk elemzett adatok létrejöttében. Ilyen lehet például az egyes diákok esetében a

szülő-gyermek, illetve a tanár-diák viszony, valamint ezen kívül sok más tényező hatása is elképzelhető. Ezek kiküszöbölésére nem feltétlenül elegendő a viszonylag nagy mintaszám sem.

A nagyobb siker érdekében a Magyar Tudományos Akadémia 2021 szeptemberében induló Közoktatás-fejlesztési Kutatási Programja keretében kutatócsoportunk a „Kutatásalapú kémiatanítás és rendszerszemléletű gondolkodás” című, négy tanévre tervezett projekt megvalósításához kezdett hozzá. Ennek során egy kísérlettervezést irányító séma használatát kívánjuk gyakoroltatni a diákokkal. Ezt a szakirodalomban (Cothron, Giese és Rezba, 2000) által leírtak alapján dolgoztuk ki.

Föltételezhető az is, hogy a diákok motivációs szintje erősen befolyásolta a tesztek kitöltésére való hajlandóságukat. Hiszen **kezdettől tudták, hogy a teszteken nyújtott teljesítményük nem számít bele a kémiából szerzett érdemjegyükbe**. Ezen kutatómódszertani okokból a jövőben sem tudunk változtatni. Azonban a siker szempontjából kulcsfontosságú a tanulók bevonódásának növelése. Ezért a fent említett újabb projektben a rendszerszemléletű gondolkodás gyakoroltatásával (Mahaffy, Brush, Haack és Ho, 2018; Orgill, York és MacKellar, 2019) szeretnénk rámutatni arra, hogyan illeszkednek a tanultak a diákok saját életét és a globális történéseket befolyásoló folyamatokba.

Egy online kérdőíves felmérés⁹ során értékes visszajelzéseket kaptunk a tanárok feladatlapjainkról alkotott véleményéről, illetve azok kipróbálásának tapasztalatairól. Nagy többségük kinyilvánította azon szándékát, hogy szívesen részt venne a közös munkánk folytatásában, amire a Magyar Tudományos Akadémia Közoktatás-fejlesztési Kutatási Programja keretében azóta már lehetőséget is kapott a kutatócsoport.¹⁰

ÖSSZEGZÉS

Vizsgálatunk alapján úgy tűnik, hogy a 7. osztályos tanulók egy év kémiatanulás után kevésbé fontosnak vélték a természettudományokban a kísérletek szerepét, mint előtte. Ez a tény önmagában is arra mutat, hogy a tudományos ismeretszerzés folyamata (amelyben a kísérletek megtervezésének, elvégzésének és a tapasztalatok értékelésének és megvitatásának kitüntetett szerepe van), még mindig nem kellően jellemző és elvárt Magyarországon az iskolai kémiatanítás során. Ez komoly probléma, mert kitűnő táptalajt nyújt az általános tévhitnek és csalások terjedéséhez, illetve terjesztéséhez is. Biztató fejlemény azonban, hogy a 2020-tól érvényes kémia kerettantervek (*Kerettantervek*, 2020) kifejezetten előírják a diákok számára a kísérlettervezést. Nagyon valószínű viszont, hogy érdemi változás a mindennapi tanítási gyakorlatban csak akkor következik be, ha ez az érettségi követelményekben is hangsúlyosan jelenik meg.

A többi adat elemzése alapján azt a következtetést vontuk le, hogy a diákoknak még több segítségre és motivációra van szükségük ahhoz, hogy megtanulják, hogyan kell kísérleteket tervezni és ne utasítsák el ezt a tevékenységet. Joggal feltételezhető, hogy a kísérletek teljesen önálló megtervezése túl nagy kihívásnak bizonyult a 12-13 éves diákok számára, és a kognitív túlterhelés jelensége is fölléphetett (*Behmke és*

⁹ [https://docs.google.com/forms/d/1bQ22SknITuWgAXw03jYZnx-](https://docs.google.com/forms/d/1bQ22SknITuWgAXw03jYZnx-NMxQZagrYbGCH3Y0oLle0/viewform?edit_requested=true&edit_requested=true)

[NMxQZagrYbGCH3Y0oLle0/viewform?edit_requested=true&edit_requested=true](https://docs.google.com/forms/d/1bQ22SknITuWgAXw03jYZnx-NMxQZagrYbGCH3Y0oLle0/viewform?edit_requested=true&edit_requested=true)

¹⁰ https://mta.hu/mta_hirei/husz-nyertes-az-mta-kozoktat-as-fejleszt-esi-kutatasi-palyazatan-111539

Atwood, 2013). Még a feladatlapokon a 2. tanév elejétől kínált segítség is kevésnek bizonyult ahhoz, hogy a beavatkozás kimutathatóan és szignifikánsan pozitívan befolyásolja a tanulók kémia tantárgy iránti attitűdjét, illetve hogy többségükben **ne a receptszerű kísérletleírások alapján végzett kísérleteket preferálják** a megtervezendő kísérletekkel szemben.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A tanulmány elkészítését a Magyar Tudományos Akadémia Tantárgypedagógiai Kutatói Programja támogatta. Köszönjük a projektben részt vevő minden kolléga és diák hozzájárulását az itt közölt eredményekhez.

IRODALOM

- Basaga, H., Geban, O. és Tekkaya, C. (1994): The Effect of the Inquiry Teaching Method on Biochemistry and Science Process Skill Achievements. *Biochemical Education*. **22**. 1. sz., 29–32.
- Bauer, C. F. (2008): Attitude towards chemistry: a semantic differential instrument for assessing curriculum impacts. *Journal of Chemical Education*. **85**. 10. sz., 1440–1445.
- Behmke, D. A. és Atwood, C. H. (2013): Implementation and assessment of Cognitive Load. *Chemistry Education Research and Practice*. **14**. 3. sz., 247–256.
- Bruck, L. B. és Towns, M. H. (2009): Preparing Students To Benefit from Inquiry-Based Activities in the Chemistry Laboratory: Guidelines and Suggestions. *Journal of Chemical Education*. **86**. 7. sz., 820–822.
- Bybee, R. W. (2000): Teaching science as inquiry. In: Minstrell, J. és van Zee, E. (szerk.): *Inquiring into inquiry learning and teaching in science*. American Association for the Advancement of Science, Washington, DC. 20–46.
- Cannady, M. A., Vincent-Ruz, P., Chungc, J. M. és Schunn C. D. (2019): Scientific sense-making supports science content learning across disciplines and instructional contexts. *Contemporary Educational Psychology*. **59**. 1. sz.
- Cheung, D. (2009). Students' attitudes toward chemistry lessons: The interaction effect between grade level and gender. *Research in Science Education*, **39**. 1. sz., 75–91.
- Chonkaew, P., Sukhummek, B. és Faikhamta, C. (2016): Development of analytical thinking ability and attitudes towards science learning of grade-11 students through science technology engineering and mathematics (STEM education) in the study of stoichiometry. *Chemistry Education Research and Practice*. **17**. 4. sz. 842–861.
- Chrappán Magdolna (2017): A természettudományi tárgyak helyzete és elfogadottsága a közoktatásban. *Magyar Tudomány*. **178**. 11. sz., 1352–1368. Letöltés: <http://www.matud.iif.hu/MaTud-2017-11.pdf> (2021. 08. 26.)
- Cothron, J. H., Giese, R. N. és Rezba, R. J. (3rd Ed.). (2000): *Students and research: Practical strategies for science classrooms and competitions*. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque.

- Eymur, G. (2018): Developing High School Students' Self-Efficacy and Perceptions about Inquiry and Laboratory Skills through Argument-Driven Inquiry. *Journal of Chemical Education*. **95**. 5. sz., 709–715.
- Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C. és Paris, A. H. (2004): School Engagement: Potential of the Concept, State of the Evidence. *Review of Educational Research*. **74**. 1. sz., 59–109.
- George, R. (2000): Measuring Change in Students' Attitudes Toward Science Over Time: An Application of Latent Variable Growth Modeling. *Journal of Science Education and Technology*. **9**. 3. sz., 213–225.
- George-Williams, S. R., Soo, J. T., Angela, L. Ziebell, A. L., Thompson, C. D. és Overton, T. L. (2018): Inquiry and industry inspired laboratories: the impact on students' perceptions of skill development and engagements. *Chemistry Education Research and Practice*. **19**. 2. sz., 583–596.
- Gérard, E. és Snellmann, E. (2011): *Scientix. The Community for science education in Europe*. Publications Office of the European Union, Luxembourg. Letöltés: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:51560610-68c6-4fd1-80b0-9fbc673d48a5.0001.03/DOC_1&format=PDF (2021. 08. 10.)
- Gormally, C., Brickman, P., Hallar, B. és Armstrong, N. (2009): Effects of inquiry-based learning on students' science literacy skills and confidence. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*. **3**. 2. sz., 16.
- Hofstein, A. és Kempa, R. F. (1985): Motivating strategies in science education: attempt of an analysis. *European Journal of Science Education*. **7**. 3. sz., 221–229.
- Kahn, P. és O'Rourke, K. (2005): Understanding Enquiry-Based Learning. In: Barrett, T., Mac Labhrainn, I. és Fallon, H. (szerk.): *Handbook of Enquiry & Problem Based Learning*. Centre for Excellence in Learning and Teaching, NUI, Galway. 1–12.
- Kahveci, M. (2015a): Assessing high school students' attitudes toward chemistry with a shortened semantic differential. *Chemistry Education Research and Practice*. **16**. 2. sz., 283–292.
- Kerettantervek – A 2012-es Nemzeti alaptantervhez illeszkedő tartalmi szabályzók (2012). Letöltés: https://www.oktatas.hu/koznevelas/kerettantervek/2012_nat (2021. 08. 26.)
- Kerettantervek – A 2020-as Nemzeti alaptantervhez illeszkedő kerettantervek (2020). Letöltés: https://www.oktatas.hu/koznevelas/kerettantervek/2012_nat (2021. 08. 26.)
- Kerr, M. A. és Yan, F. (2016): Incorporating Course-Based Undergraduate Research Experiences into Analytical Chemistry Laboratory Curricula. *Journal of Chemical Education*. **93**. 4. sz., 658–662.
- Kertész János (2009): Összefoglaló az Országos Köznevelési Tanács természettudományos közoktatás helyzetét vizsgáló *ad hoc* bizottságának munkájáról. *Magyar Tudomány*. **170**. 6. sz., 744–747.
- Knutson, K., Smith, J., Nichols, P., Wallert, M. A. és Provost, J. J. (2011): Bringing the excitement and motivation of research to students; using inquiry and research-based learning in a year-long biochemistry laboratory: part II-research-based laboratory-a semester-long research approach using malate dehydrogenase as a research model. *Biochemistry and Molecular Biology Education*. **38**. 5. sz., 324–329.

- Kousa, P., Kavonius, R. és Aksela, M. (2018): Low-achieving students' attitudes towards learning chemistry and chemistry teaching methods. *Chemistry Education Research and Practice*. **19**. 2. sz., 431–441.
- Mahaffy, P. G., Brush, E. J., Haack, J. A. és Ho, F. M. (2018): Systems Thinking, and Green and Sustainable Chemistry. *Journal of Chemical Education Call for Papers—Special Issue on Reimagining Chemistry Education*. **95**. 10. sz., 1689–1691.
- Metsämuuronen, J. és Tuohilampi, L. (2014): Changes in Achievement in and Attitude toward Mathematics of the Finnish Children from Grade 0 to 9—A Longitudinal Study. *Australian Journal of Educational and Developmental Psychology*. **4**. 2. sz., 145–169.
- OECD (2007, szerk): *PISA 2006: Science Competencies for Tomorrow's World. Volume 1: Analysis*. OECD Publications, Paris.
- Olson, S. és Loucks-Horsley, S. (2000): *Inquiry and the National Science Education Standards*. National Academies Press, Washington. Letöltés: http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=9596 (2021. 08. 10.)
- Orgill, M. K., York, S. és MacKellar, J. (2019): Introduction to Systems Thinking for the Chemistry Education Community. *Journal of Chemical Education*. **96**. 12. sz., 2720–2729.
- Osborne, J., Simon, S. és Collins, S. (2003): Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*. **25**. 9. sz., 1049–1079.
- Ozel, M., Caglak, S. és Erdogan M. (2013): Are affective factors a good predictor of science achievement? Examining the role of affective factors based on PISA 2006. *Learning and Individual Differences*. 24. sz., 73–82.
- Potvin, P. és Hasni, A. (2014): Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: a systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*. **50**. 1. sz., 85–129.
- 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, Brusel. Letöltés: <https://www.eesc.europa.eu/sites/default/files/resources/docs/rapportrocardfinal.pdf> (2021. 08. 10.)
- Ross, J., Guerra, E. és Gonzalez-Ramos, S. (2020): Linking a hierarchy of attitude effect to student engagement and chemistry achievement. *Chemistry Education Research and Practice*. **21**. 1. sz., 357–370.
- Szalay Luca (2014): Mire jó a tanulói kísérlettervezés? In: Károly Krisztina és Perjés István (szerk.): „Tudós tanárok, tanár tudósok – Konferencia a minőségi tanárképzésről” című tudományos szimpózium (2014. nov. 10-11.) előadásainak szerkesztett anyaga, ELTE Eötvös, Budapest. 197–208. Letöltés: http://www.eltereader.hu/media/2016/01/Jo_gyakorlatok_READER.pdf (2021. 08. 10.)
- Szalay Luca, Füzési István, Borbás Réka és Tóth, Zoltán (2021), Development of experimental design skills - the final results of a longitudinal study, *Journal of Science Education*, **22**. 2. sz., 46–53.
- Szalay Luca és Tóth Zoltán (2016): An inquiry-based approach of traditional 'step-by-step' experiments. *Chemistry Education Research and Practice*. **17**. 4. sz., 923–961.

(0: egyáltalán nem szeretted; 4: nagyon szeretted): 0 1 2
3 4

- Annál nagyobb számot karikázz be, minél fontosabbnak tartod, hogy a természettudományokban az elképzeléseinket kísérletekkel igazoljuk (0: egyáltalán nem fontos; 4: nagyon fontos):

0 1 2 3 4

- Annál nagyobb számot karikázz be, minél inkább egyetértesz az alábbi kijelentéssel:

„Jobban szeretem az olyan kísérleteket, amelyeket leírás (recept) alapján kell elvégezni, mint amelyeket nekem kell megtervezni. 0 1 2 3
4

c) A 2020/2021. tanév végén tanulók által kitöltött teljesítményteszthez kapcsolódóan megválaszolt kérdések:

- A múlt tanév végi jegyed kémiából:
- Annál nagyobb számot karikázz be, minél jobban kedveled a kémia tantárgyat (0: egyáltalán nem szeretted; 4: nagyon szeretted): 0 1 2
3 4

- Annál nagyobb számot karikázz be, minél fontosabbnak tartod, hogy a természettudományokban az elképzeléseinket kísérletekkel igazoljuk (0: egyáltalán nem fontos; 4: nagyon fontos):

0 1 2 3 4

- Annál nagyobb számot karikázz be, minél inkább egyetértesz az alábbi kijelentéssel:

„Jobban szeretem az olyan kísérleteket, amelyeket leírás (recept) alapján kell elvégezni, mint amelyeket nekem kell megtervezni. 0 1 2 3
4

2. Függelék: A statisztikai elemzések tanulmány szövegében nem szereplő adatai

Az elemzésben az a 461 tanuló vett részt, akik mind az 5 tesztet megírták.

- 1. csoport (1): 130 fő (kontrollcsoport)
- 2. csoport (2): 162 fő
- 3. csoport (3): 169 fő

Az IBM SPSS szoftverrel készített ANCOVA elemzés jellemzői:

- függő változó: fejlődés az egyes csoportokban
- paraméterek: csoport (fejlesztés), iskola erőssége, anya diplomája, nem
- kovariáns: az előteszt (T0) eredménye
- a szignifikanciaszint megállapításakor Bonferroni korrekciót alkalmaztunk.

1. táblázat: Az iskola rangjában szignifikánsan különböztek a csoportok

		Csoport			Összes (fő)
		1	2	3	
Iskola rangja	alacsony	21	87	26	134
	közepes	32	48	106	186
	magas	77	27	37	141
Összes (fő)		130	162	169	461

2. táblázat: Az anya végzettségében szignifikánsan különböztek a csoportok

		Csoport			Összes (fő)
		1	2	3	
Anya végzettsége	nincs diploma	16	46	27	89
	van diploma	114	116	142	372
Összes (fő)		130	162	169	461

3. táblázat: A nemek tekintetében nem volt szignifikáns különbség a csoportok között

		Csoport			Összes (fő)
		1	2	3	
Nem	fiú	54	75	86	215
	lány	76	87	83	246
Összes (fő)		130	162	169	461

4. táblázat: Az előteszt (T0) eredménye tekintetében nem volt szignifikáns különbség a csoportok között

		Csoport			Összes (fő)
		1	2	3	
Az előteszt (T0) összes pontszáma	1	0	2	0	2
	2	1	2	1	4
	3	3	6	3	12
	4	10	15	10	35
	5	18	11	14	43
	6	17	24	21	62
	7	21	31	24	76
	8	19	19	25	63
	9	17	14	23	54
	10	9	18	18	45
	11	6	10	15	31
	12	5	8	7	20
	13	3	1	5	9
	14	0	1	2	3
	15	1	0	1	2
Összes (fő)		130	162	169	461

5. táblázat: A 11. osztályban kémia fakultációra járók számában szignifikáns különbség volt a csoportok között, az 1. csoport (kontrollcsoport) javára

	Csoport			Összes (fő)
	1.	2.	3.	
11. osztályban kémia fakultáció? Nem	90	117	105	312
Igen	34	26	17	77
Összes (fő)	124	143	122	389

6. táblázat: Hatások a tantárgy (a T0 teszthez kapcsolódóan: természetismeret, T1-T4 tesztekhez kapcsolódóan: kémia) kedveltségében (AK1) bekövetkező változásra (Bonferroni korrekció: $0,05/4 = 0,0125$)

<i>Hatás (éta-négyzet)</i>					
	T0	T1	T2	T3	T4
Fejlesztés		0,010	0,006	0,002	(-)0,037*
Iskola erőssége		0,006	0,006	(-)0,028*	0,006
Anya diplomája		0,004	0,000	0,005	0,000
Nem		0,007	0,005	0,000	0,001
Előteszt (T0 _{TOT})		(-)0,024*	0,018*	0,000	0,007
*p<0,0125					
<i>Becsült átlagok</i>					
1. csoport		-0,442	-0,100	0,004	-0,263
2. csoport		-0,091	-0,312	-0,136	-0,517
3. csoport		-0,334	-0,020	-0,050	-0,860
Szignifikáns különbség		-	-	-	1-3
Iskola:					
gyenge iskola (Gy)		-0,457	-0,006	-0,193	-0,394
közepes iskola (K)		-0,238	-0,314	0,211	-0,601
erős iskola (E)		-0,172	-0,112	-0,200	-0,645
Szignifikáns különbség		-	-	-	-
Anya:					
nincs diploma		-0,398	-0,102	0,018	-0,584
van diploma		-0,180	-0,186	-0,186	-0,516
Szignifikáns különbség		-	-	-	-
Nem:					
fiú		-0,396	-0,028	-0,100	-0,581
lány		-0,182	-0,260	-0,068	-0,520
Szignifikáns különbség		-	-	-	-

7. táblázat: Hatások a kísérletek fontosságának (AK2) megítélésében bekövetkező változásra (a T0-T4 teszthez kapcsolódóan, Bonferroni korrekció: $0,05/4 = 0,0125$)

<i>Hatás (éta-négyzet)</i>					
	T0	T1	T2	T3	T4
Fejlesztés		0,021*	0,019	0,000	0,008
Iskola erőssége		0,014	0,007	0,011	0,004
Anya diplomája		0,000	0,002	0,005	0,010

Nem		0,003	0,001	0,005	0,003
Előteszt (T0 _{TOT})		0,003	0,004	0,000	0,000
*p<0,0125					
<i>Becsült átlagok</i>					
1. csoport		-0,896	0,815	-0,019	0,172
2. csoport		-0,924	0,864	-0,016	0,047
3. csoport		-0,464	0,413	-0,052	-0,049
Szignifikáns különbség		-	-	-	-
Iskola:					
gyenge iskola (Gy)		-0,481	0,500	-0,158	0,111
közepes iskola (K)		-0,842	0,730	0,080	-0,031
erős iskola (E)		-0,963	0,862	-0,009	0,090
Szignifikáns különbség		-	-	-	-
Anya:					
nincs diploma		-0,723	0,620	0,055	0,187
van diploma		-0,800	0,775	-0,113	-0,074
Szignifikáns különbség		-	-	-	-
Nem:					
fiú		-0,835	0,744	-0,088	0,112
lány		-0,689	0,650	0,030	0,001
Szignifikáns különbség		-	-	-	-

8. táblázat: Hatások a receptszerű kísérlettervezés preferálásában (AK3) bekövetkező változásra (csak a T1-T4 teszthez kapcsolódóan, Bonferroni korrekció: 0,05/3 = 0,0167)

<i>Hatás (éta-négyszet)</i>					
	T0	T1	T2	T3	T4
Fejlesztés			0,017	0,002	0,005
Iskola erőssége			(-)0,042*	0,018	0,002
Anya diplomája			0,000	0,005	0,003
Nem			0,014	0,001	0,001
Előteszt (T0 _{TOT})			0,003	0,006	0,020*
*p<0,0167					
<i>Becsült átlagok</i>					
1. csoport			-0,648	0,049	0,079
2. csoport			-0,769	-0,011	-0,095
3. csoport			-0,346	-0,077	-0,150
Szignifikáns különbség			-	-	-
Iskola:					
gyenge iskola (Gy)			-0,124	-0,267	-0,131
közepes iskola (K)			-0,746	0,130	-0,085
erős iskola (E)			-0,893	0,098	0,051
Szignifikáns különbség			GY-K, GY-E	-	-
Anya:					
nincs diploma			-0,555	-0,126	0,037

van diploma			-0,620	0,100	-0,148
Szignifikáns különbség			-	-	-
Nem:					
fiú			-0,746	-0,052	-0,022
lány			-0,428	0,026	-0,089
Szignifikáns különbség			+	-	-

9. táblázat: Hatások a tantárgyi érdemjegyen (T0 teszt: természetismeret, T1-T4 tesztek: kémia) bekövetkező változásra (a T0-T4 teszthez kapcsolódóan, Bonferroni korrekció: $0,05/4 = 0,0125$)

<i>Hatás (éta-négyzet)</i>					
	T0	T1	T2	T3	T4
Fejlesztés		(-)0,014	0,020*	0,023*	(-)0,022*
Iskola erőssége		(-)0,064*	0,042*	0,006	0,011
Anya diplomája		0,003	0,000	0,001	0,003
Nem		0,005	0,015*	0,000	0,001
Előteszt (T0 _{TOT})		0,008	0,005	0,001	0,000
*p<0,0125					
<i>Becsült átlagok</i>					
1. csoport		-0,200	-0,587	0,126	0,115
2. csoport		-0,319	-0,052	0,001	-0,175
3. csoport		-0,507	-0,228	0,298	-0,126
Szignifikáns különbség		-	-	2-3	1-2
Iskola:					
gyenge iskola (Gy)		0,100	-0,779	0,168	-0,049
közepes iskola (K)		-0,572	-0,068	0,205	0,029
erős iskola (E)		-0,555	-0,019	0,051	-0,166
Szignifikáns különbség		Gy-K, Gy-E	Gy-K, Gy-E	-	-
Anya:					
nincs diploma		-0,271	-0,259	0,134	-0,004
van diploma		-0,413	-0,319	0,149	-0,120
Szignifikáns különbség		-	-	-	-
Nem:					
fiú		-0,270	-0,459	0,162	-0,082
lány		-0,414	-0,102	0,121	-0,042
Szignifikáns különbség		-	+	-	-