

# **Eszterházy Károly Egyetem Neveléstudományi Doktori Iskola**



## **Doktori (PhD) értekezés tézisei**

**Légszennyező anyagok adszorpciójának modellezése, a szimulációs eredmények oktatásban való alkalmazása és hatásának vizsgálata**

**Sumi Ildikó Katalin**

**Témavezetők: Dr. Jedlovsky Pál, Dr. Murányi Zoltán**

Eger

2018

## 1. A disszertáció témája

Napjainkban a közoktatásban is egyre jelentősebb szerepe van a környezeti nevelésnek, amely főként a természettudományos tantárgyak oktatása során valósul meg. Nemzetközi és hazai felmérések azt támasztják alá, hogy a tanulók természettudományos tantárgyi attitűdje az iskolában eltöltött évek alatt folyamatosan csökken. Közöttük a kémia és a fizika népszerűsége a többi tantárgyétól is elmarad, és a kilencedik és a tizenegyedik évfolyam végére lényegében a kémia az elutasított tantárgyak közé kerül (*Fernengel, 2009*). Nem csak az a problémás, hogy a tanulók kémia tantárggyal kapcsolatos attitűdje csökken, hanem az is, hogy a többi tantárgyhoz képest lényeges változás, jelentős lemaradás tapasztalható (*Csapó, 2000*). Az évek során a tananyag jelentősen bővült, de az elsajátítandó természettudományos tudás egy része nem megfelelően alkalmazható a hétköznapi életben felmerülő problémák megoldásában. Ezért is fontos, hogy a kémia tanítása során folyamatosan keressük azokat a pedagógiai-módszertani újdonságokat, aktuális ismereteket, amelyek oktatási gyakorlatba való beépítésével hatékonyabbak, eredményesebbek lehetünk.

A doktori disszertációmban a kémia tananyag egyik fontos területét, az egyes kémiai részecskék adszorpciójának oktatását dolgoztam fel. A középiskolás tanulók természettudományos ismeretei nemcsak hiányosak, de tévképzetek sokaságával is terheltek (*Tóth, 2016*). A problémás területek egyike a kémiai részecskék, anyagi halmazok jellemzőinek megértése, a megfelelő részecskeszemlélet kialakítása. Disszertációmban egy olyan részterületre térek ki, amely szorosan kötődik a molekulákhoz, az adszorpció jelenségéhez, ezen keresztül a részecskék közti kölcsönhatások egyes típusaihoz, és a modellezés során a vizsgált molekulákon keresztül a környezeti neveléshez is. A modern környezeti nevelés nem tagadja meg a természetvédelmet, vagy a környezetvédelem tudományos megközelítéseit. Ezek ma is nagyon fontos részei a környezeti nevelésnek, csak beágyazódnak egy átfogóbb feladatrendszerbe, a környezettudatos magatartás kialakításának követelményébe (*Nahalka, 1998*). A konstruktív pedagógia a környezeti nevelés terén is abból indul ki, hogy a gyerekek iskolába lépésük pillanatában rendelkeznek olyan meghatározó tudással, amely irányítani fogja iskolai ismeretszerzésüket és képességeik fejlődését az ökológiai összefüggések megismerésében, a környezetvédelem feladatainak elsajátításában, a környezettudatos magatartás felépítésében.

Egy európai felmérés során készült elemzés szerint (*Teppo és Rannikmae, 2003*) kevésbé lenne nehéz a természettudományos tantárgyak tanulása, ha nagyobb hangsúlyt fektetnénk annak tanulmányozására, hogy a diákok hogyan tanulnak. A természettudományok tanulásához

meg kell érteni az alapvető elveket, és szükség van a fogalmi és vizualizációs képességek mellett matematikai és problémamegoldó képességekre is (Vaarik, Taagepera és Tamm, 2008). Megállapították, hogy a diákok ismeretei téveszmékkel terheltek. Mivel a kémia tantárgy oktatása három különböző szinten zajlik: makroszinten (az érzékelhető valóság szintje), mikroszinten (érzékszerveinkkel nem érzékelhető, nem tanulmányozható szint) és szimbolikus (speciális kémiai jelrendszert használva) szinten, így ezen szintek közötti váltás teszi nehezzé a megértést. Rámutatnak arra, hogy a diákoknak főként a szimbolikus értelmezéssel vannak problémáik, nem tudják elképzelni az alapvető kémiai kötések, a részecskék felépítését, ezért a modellalkotás folyamata is nehézségekbe ütközik.

Az adszorpció jelenségének alaposabb megismerése is hozzájárulhat a részecskeszemlélet formálásához. Ezért is vizsgáltuk meg néhány metánszármazék jégen történő adszorpcióját Monte Carlo szimulációs módszerrel. A számítógépes szimulációs módszerrel kapott eredményekkel alkalom adódik olyan jelenségek szemléltetésére, amelyek a tapasztalatra épülnek, bizonyíthatóak, hitelesek és tudományosak. Ez a módszer szemben áll minden olyan áltudományos gondolkodással, amely feltételezéseken alapul, hitelessége megkérdőjelezhető. A disszertációmban bemutatom a számítógépes szimulációval kapott eredményeket, és kitérek ennek közoktatásban való alkalmazási lehetőségeire, előnyeire is.

## **2. Kutatási kérdések**

A kutatás során az adszorpció jelenségének megértését vizsgáltam, amelyhez a tanév elején kilencedikes tanulók körében készített előteszt adatait dolgoztam fel. A kutatáshoz kapcsolódó kérdések két csoportba oszthatók. Az első részt egy előteszt adja, amelyben a kilencedik osztályt kezdő tanulók vettek részt. Célja annak feltárása, hogy a minta populáció tagjai milyen bemeneti tudással rendelkeznek a tanév elején a részecskék egyes tulajdonságaira vonatkoztatva. Folytatásként az adszorpció terén elért eredményeket is alkalmazva kontrollcsoportos kísérletben annak feltárása következik, hogy az alkalmazott új információkat is beépítve az oktatási folyamatba kimutatható-e változás, és ha igen, akkor milyen mértékben. Ennek alapján a kutatás hipotézisei az előtesztre és az utótesztre alkalmazva eltérőek.

## **3. Kutatási stratégiák, módszerek és eszközök**

Az alkalmazott kutatási stratégia *induktív*, vagyis a pedagógiai valóságból, az empiriából kiindulva a kapott adatokat elemezve, majd általánosítva keresek választ a kutatási kérdésekre. Az elemzésben helyet kap a *leíró stratégia*, mert a tanév elején a vizsgált mintára vonatkoztatva a diákok adott témában mutatott teljesítménye kerül előtérbe. Emellett alkalmazom az

*összefüggés-feltáró stratégiát* is, mert különböző változók viszonyát, a köztük levő esetleges kapcsolatokat, korrelációjukat is vizsgálom. A *kísérleti stratégia* is alkalmazásra került. Ennek lényege, hogy nem a meglévő helyzetet írom le, hanem a független változókat módosítom, és ezek következményeit tárom fel. Jelen esetben a kísérleti csoport tanulói az adszorpció eredményeit, lényegét új ismeretekkel kibővítve sajátították el, míg a kontrollcsoport diákjai a hagyományos, vagyis kötelező tananyagrészekkel ismerkedtek meg. Ezáltal a kutatás céljának megfelelően beavatkozás történt a pedagógiai folyamatba, vagyis megváltoztak a független változók. A kutatás *feltáró módszereinek* alapját a tudásszintmérő tesztek képezik, amelyek elején az elemzéshez, összehasonlításához szükséges személyes jellegű adatok összegyűjtésére is sor került. A kutatás során a *feldolgozó módszerek* statisztikai módszerek voltak, melyekhez az Excel mellett főként az SPSS programot használtam.

#### **4. Mintavétel, minta, populáció**

2017. szeptember elején négy- és hatévfolyamos kilencedik osztályos gimnáziumi tanulók között végeztem felmérést, amely főként az előző két évben kémiából tanult adszorpciós folyamatokra vonatkozó ismereteket kérte számon. A hét kérdésből álló előteszt egyik kérdése általánosabban is a részecskék tulajdonságaira, a részecskék viselkedése közötti különbség okaira vonatkozott. A vizsgálatba négy- és hatévfolyamos képzésben résztvevő diákokat vontam be. Mivel a kémia tantárgy oktatása a hetedik osztálytól kezdődik, ezért a mintában egyrészt olyan tanulók vannak, akik kilencedik osztályban új közösségbe kerültek, vagyis sokféle általános iskolából érkeztek, illetve olyanok is, akik ugyanabban az iskolában és ugyanannál a tanárnál folytatják tanulmányaikat. Nyolcévfolyamos gimnáziumi képzésben levő osztályok tanulói körében is célom volt a kutatás, de ilyen iskolákban nem vállalták a kollégák a részvételt. A tanév végén a vizsgált populáció tagjai az elsajátított tudásukról adtak számot az utótesztben szereplő kilenc kérdés megválaszolásával.

#### **5. A kutatás hipotézisei az előteszt esetén**

- 1.) A kapott jó válaszok száma és a tanulók nyolcadik évfolyam végén szerzett érdemjegyei között szignifikáns a kapcsolat.
- 2.) Nincs különbség a fiúk és a lányok teljesítménye között.
- 3.) Nincs szignifikáns különbség a vidéki és a fővárosi tanulók teljesítménye között.
- 4.) Van különbség a hatévfolyamos és a négyévfolyamos képzésben tanuló diákok teljesítménye között.

5.) A kilencedik osztályos tanulók részecskékkel kapcsolatos ismeretei hiányosak, sok tévképzettel rendelkeznek.

## 6. Az előteszt eredményeinek kiértékelése

### 6.1. Az első hipotézis

Ennek vizsgálatához az *A* és *B* csoportban külön-külön, valamint összesítve is elemeztem a jegyek alakulását, majd a négy- és hatévnyolcos diákok esetén összehasonlítva is alkalmaztam a statisztikai módszereket. A jó válaszok számának alakulását az év végi jegyekkel összefüggésben az 1. táblázat mutatja.

	Összes jó válaszok száma			
Év végi érdemjegyek	0	1	2	5
elégséges	11	5	0	0
%	68,75	31,25		
közepes	71	34	1	0
%	66,98	32,08	0,94	
jó	179	75	3	0
%	69,65	29,18	1,17	
jeles	228	124	7	1
%	63,33	34,45	1,94	0,28
<b>Összesen</b>	<b>489</b>	<b>238</b>	<b>11</b>	<b>1</b>

1. táblázat: Az év végi jegyek és a jó válaszok száma

Az *A* csoportban a feltett hét kérdésre a tanulók mindössze 0, 1 vagy 2 jó választ tudtak adni, ami összességében nagyon gyenge eredmény. Ez már előre vetíti a hipotézis elemzésének eredményét. Mindössze hét olyan tanuló volt a vizsgált mintában ( $N=385$ ), akik két helyes választ adtak, és közülük négyen jeles, ketten jó és egyikük pedig közepes év végi osztályzatot kapott. 250 tanuló, azaz a tanulók 64,9%-a egyetlen jó választ sem adott. A kereszttáblás lekérdezés eredményeként a  $\chi^2$  értéke 3,547, a szignifikancia 0,738 (SZF=6), azaz nincs szignifikáns kapcsolat.

A *B* csoportban a helyes válaszok száma 0, 1, 2 és 5 volt, és az öt jó válasz az első öt kérdésre született. A mintában ( $N=354$ ) 239 tanuló (67,5%) egy jó választ sem adott. A  $\chi^2$  értéke 4,679, a szignifikancia 0,861 (SZF=9), így az *A* csoporttal egyező következtetésre jutottam.

A teljes adathalmazra nézve igaz, hogy nincs szignifikáns összefüggés a nyolcadik osztály év végén kapott érdemjegyek és az összes jó válaszok, vagyis a feladatlap eredményes

kitöltése között ( $\chi^2$  értéke 4,413 és a szignifikancia 0,882; a szabadsági fok 9). Megállapítható, hogy az év végi jó eredmények nem állnak kapcsolatban a tesztben elért pontszámokkal, vagyis akinek jó és jeles év végi osztályzata volt, az sem tudott több helyes választ adni. A vizsgált 739 tanuló közül 489-en, a minta 66,2%-a nem tudott egy kérdésre sem helyesen válaszolni. Ez azért is elgondolkodtató, mert a hetedik kérdés önállóan is megállja a helyét, így nemcsak a konkrétan vizsgált jelenségre, hanem a részecskék általános fizikai és kémiai tulajdonságaira, polaritására és ennek következményére vonatkozó ismereteik is hiányosak. Ezek alapján az *első hipotézis nem igazolódott be*.

## 6.2. A második hipotézis

	Összes jó válaszok száma				N
	0	1	2	5	
<b>Fiúk</b>	232	119	6	0	<b>357</b>
%	<b>65,0</b>	33,3	1,7	0	
<b>Lányok</b>	257	119	5	1	<b>382</b>
%	<b>67,3</b>	31,1	1,3	0,3	

2. táblázat: Az összes jó válaszok számának alakulása a nemek szerint

Amint azt a 2. táblázat is mutatja, a fiúk közül 65,0% nem tudott egy jó választ sem adni, a lányok esetén 67,3%, míg egy jó választ a fiúk 33,3%-a és a lányok 31,1%-a adott. Az alábbi adatokat alapján ( $\chi^2$  értéke 1,525; szignifikancia 0,677; SZF=3) látható, hogy a fiúk és a lányok teljesítménye között nincs lényeges különbség a helyes válaszok számát tekintve. Ezek alapján megállapítható, hogy *a második hipotézis beigazolódott*, vagyis nem adódott szignifikáns különbség a fiúk és a lányok teljesítménye között.

## 6.3. A harmadik hipotézis

	Összes jó válaszok száma				N
	0	1	2	5	
<b>Budapest</b>	276	160	11	1	<b>448</b>
	<b>61,6</b>	35,7	2,5	0,2	
<b>Vidék</b>	213	78	0	0	<b>291</b>
	<b>73,2</b>	26,8	0	0	

3. táblázat: A vidéki és a budapesti diákok jó válaszainak száma, százalékos adatai

Külön megvizsgáltam a vidéki és a fővárosi tanulók teljesítményét (3. táblázat). Az összes adatot feldolgozva a relatív gyakoriságokat összehasonlítva a budapesti diákok (N=448) 0, 1, 2 és 5 jó választ adtak a kérdésekre, míg a vidékiek (N=291) esetén 0 és 1 jó válasz volt mindössze. A budapesti diákok 61,6%-a egy kérdésre sem válaszolt helyesen, míg a vidékiek esetén magasabb érték, 73,2% adódott. A budapesti tanulók adataira vonatkozó szórás értéke

0,581; a variancia 0,338; míg a vidékiek esetén a szórás 0,444 és a variancia 0,197. A keresztábrás lekérdezés adatai ( $\chi^2$  értéke 15,724 és a szignifikancia 0,001; SZF=3) bizonyítják, hogy lényeges különbség van a két rész minta kapott eredményei között.

A fentiek alapján **a harmadik hipotézis nem igazolódott be**, mert szignifikáns különbség mutatható ki a budapesti és a vidéki tanulók teljesítménye között. A budapesti tanulók teljesítménye adódott jobbnak.

#### 6.4. A negyedik hipotézis

	Összes jó válaszok száma				N
	0	1	2	5	
<b>Hatévolyamos</b>	159	92	4	1	<b>256</b>
%	62,1	35,9	1,6	0,4	
<b>Négyévfolyamos</b>	330	146	7	0	<b>483</b>
%	68,32	30,23	1,45	0	

4. táblázat: Az összes jó válaszok száma a kétféle képzésre vonatkoztatva

A 4. táblázatban látható, hogy hány olyan diák töltötte ki a feladatlapot, aki jelenleg hatévolyamos (N=256), és hány olyan, aki négyévfolyamos (N=483) képzésben tanul. Mivel a két rész minta elemszáma lényegesen eltérő, ezért az összes jó választ adók száma alatt azok százalékos megoszlását is feltüntettem egy-egy képzési típuson belül. A négyévfolyamos tanulók teljesítménye kisebb szórást mutat (0,501) és a variancia is kisebb (0,251) mint a hatévolyamosoké (0,594 illetve 0,353). A relatív gyakoriságok alapján elmondható, hogy a négyévfolyamos képzésben tanuló diákok nagyobb része nem tudott egy jó választ sem adni a kérdésekre, míg egy és két jó választ is kevesebben adtak meg. A keresztábrás lekérdezés alapján is megállapítható ( $\chi^2$  értéke 4,571; SZF=3, szignifikancia 0,206), hogy **a negyedik hipotézis bizonyítottnak, igazoltnak tekinthető**, vagyis van szignifikáns különbség a négy- és a hatévolyamos gimnáziumi tanulók teljesítménye között, mert a hatévolyamos képzésben tanulók teljesítettek jobban.

#### 6.5. Az ötödik hipotézis

Ennek vizsgálatára a hetedik kérdés válaszai alapján került sor. A hetedik kérdés egy gázelegyre vonatkozott, amelyből a három felsorolt gáz egyike elválasztható a többitől aktív szén segítségével. A feleletválasztós kérdésben négy alternatíva közül kellett kiválasztani azt, hogy mi lehet az oka ennek. Az A csoportban a gázelegy ammóniát, oxigént és nitrogént, míg a B csoportban szén-monoxidot, kén-dioxidot és szén-dioxidot tartalmazott. A felsoroltak között a válaszlehetőségek a következők voltak: a részecskék különböző mérete, eltérő

sebességgel történő mozgása, eltérő polaritása, valamint a részecske szénnel való reakciója. Ez a kérdés az adszorpció ismerete nélkül is helyesen megválaszolható lett volna az általános iskolai kémiai ismeretek alapján. Sajnos mindkét csoportban gyenge eredmény született. Mindkét csoportban a kémiai reakció szerepelt az első helyen a hibás válaszok között, ami a tudás hiányosságán kívül utal tévképzetre is. Az előző kérdésekre adott válaszok összesítése alapján is az állapítható meg, hogy a vizsgálatba bevont tanulók kémiai részecskékkal kapcsolatos ismeretei nagyon hiányosak, sok tévképzettel rendelkeznek, és az egyes kérdésekre adott válaszaik között gyakran lényeges ellentmondás is felfedezhető. **Az ötödik hipotézis beigazolódott.**

## 7. A kutatás hipotézisei az utóteszt esetén

- 1.) Nincs különbség a nemek között az elért teljesítmény, az összpontszám alapján.
- 2.) A négyévfolyamos és a hatévfolyamos képzésben tanuló diákok teljesítménye között nem mutatható ki különbség.
- 3.) Az adszorpciós eredményeket is alkalmazva a kísérleti csoportban, lényeges eltérés tapasztalható a kontrollcsoporthoz képest.

## 8. Az utóteszt eredményeinek kiértékelése

A feladatok között kettő definíció szerepelt, vagyis meg kellett fogalmazniuk, hogy mit jelent az adszorpció és a felületi feszültség fogalma. Két nyílt végű feladat esetén példákat kellett említeni adszorbensként használt anyagra, illetve hétköznapi adszorpciós folyamatra. Két esetben ábrát kellett elemezniük. Az egyikben a látható különbséget kellett röviden megfogalmazni, míg a másikban a megadott két molekula közötti kémiai kötés típusát kellett a felsorolt három közül megadni. Ez, és további három kérdés egyszerű választásos feladat volt.

### 8.1. Az első hipotézis

A kilenc feladat alapján összehasonlítottam csoportonként, majd összesítve is az elért összpontszámok alakulását a nemek szerint. Minden jól megoldott feladat egy pontot ért, önálló itemnek tekinthető. Az A csoportban a fiúk maximum hét feladatot tudtak jól megoldani, míg a lányok közül ketten 8, egy diák pedig 9 jó választ adott. A fiúk átlagosan kevesebb jó választ adtak (2,75), mint a lányok (3,05), és a lányok esetén tapasztalható a nagyobb szórás (1,847, a fiúknál 1,724). A  $\chi^2$ -próba eredménye (12,213; SZF=9, szignifikancia 0,202) alapján megállapítható hogy nem találunk különbséget az A csoporton belül a nemek és az elért teljesítmény között. A B csoportban a fiúk közül ketten tudtak nyolc feladatot megoldani jól, a lányok közül négyen nyolc jó választ adtak, és egy diák kilenc kérdésre válaszolt helyesen. A



fiúk átlaga (2,95) alacsonyabb a lányokénál (3,13), de fiúk esetén nagyobb a szórás értéke (1,791; a lányoké 1,697). Az adatokból ( $\chi^2$ -próba eredménye 18,247 és a szignifikancia 0,032; SZF=9) megállapítható, hogy van szignifikáns különbség a nemek és az elért összpontszám között. A lányok teljesítménye tekinthető valamivel jobbnak a fiúkéhoz képest.

A teljes mintára vonatkozóan az elért összpontszám és a nemek között nem állapítható meg különbség ( $\chi^2$  értéke 11,343; SZF=9,  $p=0,253$  és a korreláció 0,069), bár a *B* csoportban a lányok valamivel jobb teljesítményt értek el. A fenti adatok alapján megállapítható, hogy *az első hipotézis beigazolódott.*

## 8.2. A második hipotézis

A négy- és hatévfolyamos diákok elért eredményeit kérdésenként is összehasonlítottam. Az első kérdés az adszorpció fogalmának megadása volt. A teljes mintát feldolgozva megállapítható, hogy a négyévfolyamosok (N=406) közül 37, míg a hatévfolyamosok (N=238) közül 45 diák (12,7%) adott meg minden szempontból pontos fogalmat. A  $\chi^2$ -próba (12,953; SZF=1 és  $p=0,001$ ) alapján megállapítható, hogy van szignifikáns különbség köztük, vagyis a hatévfolyamosok lényegesen jobban teljesítettek, többen tudták pontosan definiálni ezt a fogalmat.

Nehezebbnek bizonyult a második feladat, a fajlagos felület fogalom definiálása, mert jóval kevesebben (10,2%) tudták erre a kérdésre a jó választ. Ennek alapján arra is következtethetünk, hogy a fajlagos felület meghatározása kevésbé képezte a tananyag hangsúlyos részét. A  $\chi^2$  értéke (4,195;  $p=0,041$ ) alapján még így is találunk különbséget, vagyis a hatévfolyamosok teljesítménye adódott jobbnak.

A harmadik kérdésre válaszolva három anyagot kellett felsorolni, amelyet adszorbensként alkalmaznak. Az adszorpció jelenségének tanításakor is feltétlenül fontos sokféle adszorbens bemutatása azok gyakorlati jelentőségének ismertetésével, megbeszélésével együtt. Nélkülözhetetlen sok olyan gyakorlati példa említése is, amelyek azáltal is segítik a tananyag megértését, hogy közvetlenül a hétköznapi életből származnak. 73 tanuló válaszolt jól erre a kérdésre (11,3%), és ennél a feladtnál is a hatévfolyamosok teljesítettek jobban. Az adatok alapján ( $\chi^2$  értéke 14,964;  $p=0,001$ ) megállapítható, hogy van különbség a négy- és a hatévfolyamos képzésben tanuló diákok eredményei között.

A negyedik kérdésben két konkrét példát kellett említeni a hétköznapi tapasztalatok alapján, amely szintén adszorpción alapul. A tanulók nagyobb része válaszolt erre a kérdésre, de sokan voltak olyanok, akik csak egy konkrét példát írtak. Az *A* csoportban 61, míg a *B* csoportban 71 ilyet találtam. Két jó hétköznapi példát a teljes mintából 151-en adtak meg. A

tanulók 23,4%-a tudott jól válaszolni erre a kérdésre. A kétféle képzés szerint tanuló diákok teljesítményében ( $\chi^2$  értéke 1,923;  $p=0,166$ ) nem állapítható meg szignifikáns különbség. Kiderült, hogy sokféle hétköznapi példát hallottak, ismernek. Az is jól látszik, hogy jelentősen növeli az oktatás hatékonyságát, ha többféleképpen, sokféle területről hozott példákkal támasztjuk alá az egyes tananyagokat, és igyekszünk a diákok hétköznapi tapasztalataira is nagyban építve tanítani.

Az ötödik kérdésben egy adszorpciót bemutató ábra alapján kellett arra válaszolni, hogy milyen látható különbség van a két molekula viselkedése között a jég felszínén. 164 jó válasz született, de a hatévfyamosok nagyobb arányban válaszoltak jól (31,9%, míg a négyévfolyamosok 21,7%), így állíthatjuk, hogy van szignifikáns különbség a teljesítményükben ( $\chi^2$  értéke 8,318;  $p=0,004$ ). A teljes mintát vizsgálva megállapítható, hogy csak a diákok 25,5%-a válaszolt erre a kérdésre helyesen. Mivel ez a feladat nem igényelt feltétlenül komoly kémiai ismereteket, így jelezhet például szövegértési problémát is.

A következő négy kérdés egyszerű választásos tesztfeladat volt. A hatodik kérdésben az előző ábrán látható különbség okát kellett kiválasztani a felsorolt három lehetőség közül. Az általános kémia tananyag részét képező, a részecskék közti kölcsönhatásokat és a molekulák polaritásával kapcsolatos ismereteket felhasználva lehetett jól válaszolni erre a kérdésre akkor is, ha hasonló ábrát a diákok korábban még nem láttak. A válaszok alakulását az 5. táblázat mutatja. A tanulók 59,2%-a válaszolt jól erre a teljes mintát megvizsgálva.

Jó válaszok	négyévfolyamos	hatévfolyamos
<b>A csoport</b>	60,4%	56,2%
<b>B csoport</b>	59,8%	59,3%

5. táblázat: A 6. kérdés jó válaszainak alakulása a két csoportban.

Az eredmények azt jelzik, hogy nincs lényeges különbség a négy- és hatévfolyamosok teljesítménye között ( $\chi^2$  értéke 0,399 és  $p=0,527$ ).

A hetedik kérdésben mindkét csoportban arra kellett válaszolni, hogy milyen kémiai kötés alakul ki a fluor atom és a víz molekulák között. A felsorolt kötések: kovalens kötés (A), hidrogénkötés (B) és a diszperziós kötés (C). A kétféle molekula egymáshoz viszonyított helyzetét egy ábra szemléltette. A helyes válasz a B volt. Jobban teljesítettek a hatévfolyamosok (70,2%), mint a négyévfolyamosok (65,8%), de nincs szignifikáns különbség ( $\chi^2$  értéke 1,325 és  $p=0,250$ ) a kétféle képzésben tanuló diákok között.

Megvizsgáltam, hogy a tanulók milyen százalékos arányban adtak helytelen választ. Ez 32,7%-nak adódott. A C választ, vagyis a kovalens kötést jelölték meg a legkevesebben

(6. táblázat). Ezt azért érdemes kiemelni, mert a kovalens kötés elsőrendű kémiai kötés, míg a másik kettő másodrendű, így a tanév végére a vizsgált minta esetén megállapítható, hogy a kétféle kötécsoport közötti különbséget elég jó elsajátították, és a legtöbben tudják, hogy a molekulák között a másodrendű kötések valamelyike adja az összetartó erőt.

	<b>A válasz</b>	<b>C válasz</b>	<b>Nem válaszolt</b>
<b>Négyévfolyamos</b>	14,3%	17%	3%
<b>Hatévfolyamos</b>	14,3%	12,6%	3%
<b>Összes mintában</b>	14,3%	15,4%	3%

6. táblázat: A helytelen válaszok alakulása a teljes minta esetén

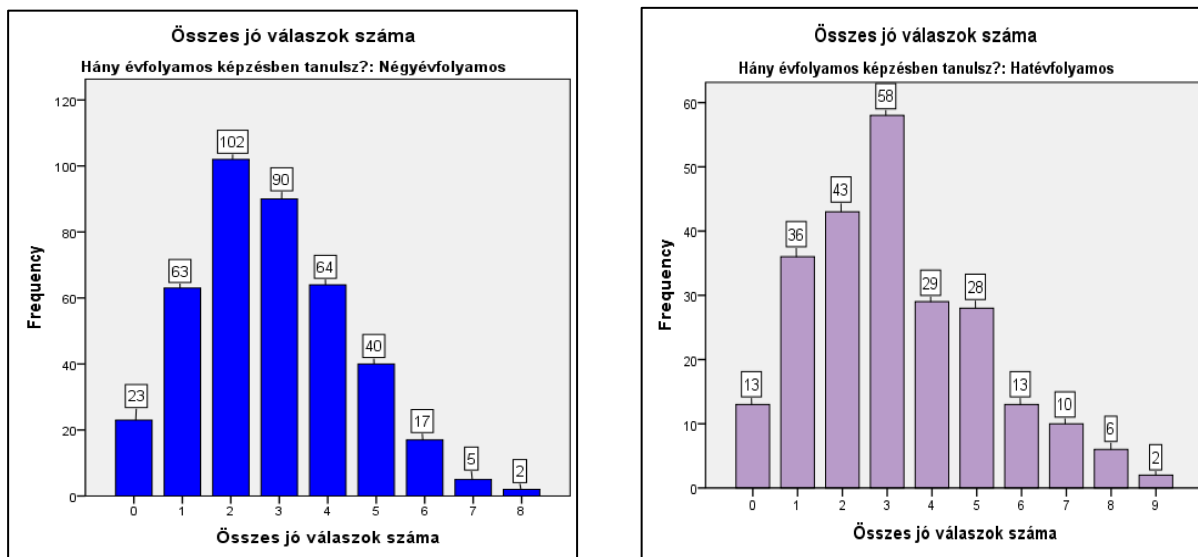
A nyolcadik kérdésben arra kellett választ adni, hogy az adszorpció folyamatát milyen mértékben befolyásolja a hőmérséklet növelése (A csoport) vagy a nyomás növelése (B csoport). A négyévfolyamos tanulók 44,6%-a, míg a hatévfolyamosok 50,4%-a válaszolt jól, ami a diákok 46,7%-át jelenti. Ezekre a tényezőkre is az adszorpció folyamatának tanításakor feltétlenül ki kell térni. A tanulók válaszai alapján arra következtethetünk, hogy ebben sincs szignifikáns különbség ( $\chi^2$  értéke 2,055 és  $p=0,152$ ) a négy- és a hatévfolyamosok válaszai között.

Az utolsó kérdés az előteszt egyik feladatával egyezik. Aktív szénen történő adszorpció eredményének okát kellett megadni a négy lehetséges válasz közül kiválasztva. Jobban teljesítettek a négyévfolyamos képzésben tanuló diákok (43,3%), mint a hatévfolyamosok (35,3%), vagyis van különbség az eredmények között ( $\chi^2$  értéke 4,045 és  $p=0,044$ ). A tanulók mindössze 40,4%-a tudott jó választ adni a kérdésre, ami azért is minősül gyenge eredménynek, mert a feladatlap kitöltésére a tanév végén került sor, amikor az anyagi halmazokkal, a halmazt felépítő részecskékkel kapcsolatban (a kérdésben szereplő polaritás, sebesség, méret, reakcióképesség tekintetében) sok ismerettel kellene rendelkezniük, mivel több témakörben is foglalkoztak ezekkel a tanórákon. Ez volt az egyetlen kérdés, amelyben valamivel jobb eredményt a négyévfolyamos képzésben részt vevő diákok nyújtottak.

Az összes jó válaszok számának alakulását elemezve kiderült, hogy a négyévfolyamos tanulók a kilenc kérdésből nyolcra tudtak jól válaszolni, míg a hatévfolyamosok közül ketten kilenc jó választ adtak (1. ábra). A négyévfolyamosok átlagpontszáma alacsonyabb (2,82), mint a hatévfolyamosoké (3,22), bár ez utóbbinál nagyobb a szórás és a variancia értéke is. A négy- és hatévfolyamos képzésben tanuló diákok teszteredményét, az összpontszámokat összehasonlítva eredményül azt kaptam, hogy a hatévfolyamosok jobban teljesítettek.

Megállapítottam, hogy van szignifikáns különbség a két minta kilenc kérdésből álló tesztfeladatainak megoldása, eredményessége között ( $\chi^2$  értéke 20,099 és SZF=9,  $p=0,017$ ).

Összefoglalva megállapítható, hogy *a második hipotézis nem igazolódott be*, vagyis szignifikáns különbség mutatható ki a négyévfolyamos és a hatévfolyamos tanulók teljesítményében. A hatévfolyamos tanulók jobb eredményt értek el.



1. ábra: Az összes jó válaszok száma a négyévfolyamosok között (teljes minta)

### 8.3. A harmadik hipotézis

A kutatásban négy gimnáziumi osztály (két hatosztályos és két négyosztályos) tanulói kerültek a kísérleti csoportba (N=117), míg a többi, az előteszt feladatait is megoldó diák alkotta a kontrollcsoportot (N=527). A kísérleti csoportban a Monte Carlo szimulációs módszerrel kapott eredményeket is bemutattam a kémia órán, és ezek elemzésére is sor került. A kutatás legfontosabb kérdése, hogy a számítógépes szimulációs módszerrel kapott adszorpciós eredmények beépítése az oktatásba eredményezett-e szignifikáns különbséget a tananyag elsajátításában.

## Feladatonkénti összehasonlítás

	Feladattípus	Kísérleti csoport	Kontrollcsoport	$\chi^2$
		jó válaszok (%)		
1.	Adszorpció fogalma	30,8	8,7	41,858
2.	Fajlagos felület fogalma	33,3	5,1	82,836
3.	Három alkalmazott adszorbens felsorolása	27,4	7,8	36,486
4.	Két hétköznapi adszorpció folyamat	53,0	16,9	69,527

7. táblázat: A jó válaszok megoszlása a kísérleti és a kontrollcsoport esetén (1-4. kérdések)

Az első négy kérdés alapján megállapítható, hogy a kísérleti csoport tanulói jobb eredményt értek el, és szignifikáns különbség mutatható ki ( $p=0,001$ ) a kontrollcsoporttal összehasonlítva. A legnagyobb különbség a fajlagos felület fogalmának megadásánál látszik. A korábbi elemzés is azt mutatta, hogy ez a fogalom nem kapott nagy hangsúlyt minden, a kutatásba bevont osztály esetén, így ez a nagyobb eltérés is érthető. Megvizsgáltam a szimuláció eredményeként kapott ábra elemzésére és a részecskék közötti kölcsönhatás kiválasztására kapott válaszokat is (8. táblázat).

	Feladattípus	Kísérleti csoport	Kontrollcsoport	$\chi^2$
		jó válaszok (%)		
5.	Ábraelemzés	53,0	19,4	57,072
6.	A látható különbség oka	60,7	58,8	<b>0,137</b>
7.	A molekulák közti kötés típusa	73,5	66,0	<b>2,431</b>
8.	Az adszorpció hőmérséklet illetve nyomásfüggése	62,4	43,3	14,074
9.	Adszorpció aktív szénen	46,2	39,1	<b>1,985</b>

8. táblázat: A jó válaszok megoszlása a kísérleti és a kontrollcsoportban (5-9. kérdések)

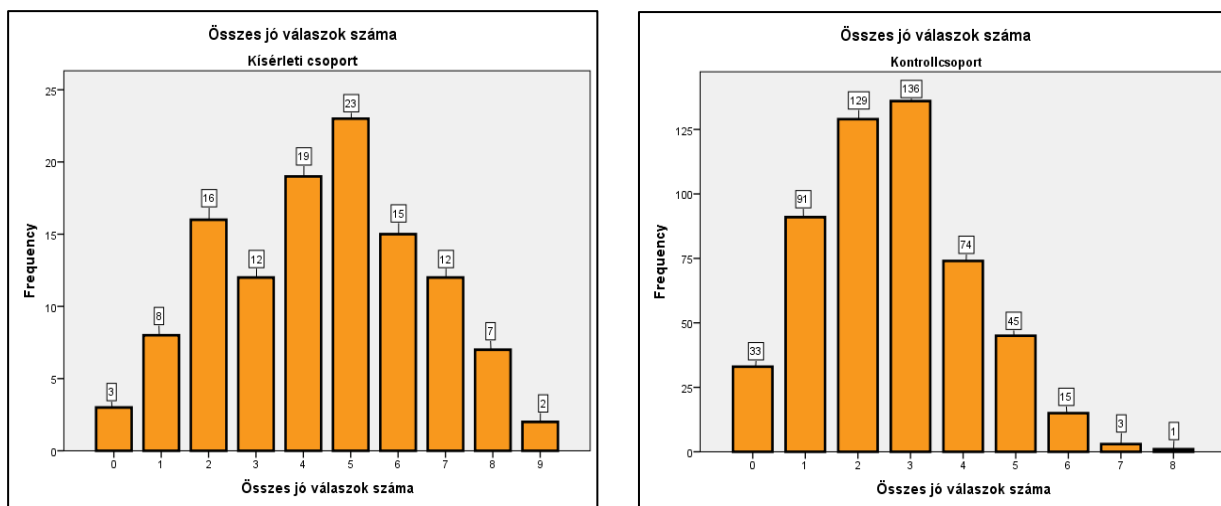
Az ötödik kérdés, az ábraelemzés esetén szignifikáns különbség található (a  $\chi^2$  értéke 57,072 és  $p=0,001$ ), a kísérleti csoport tagjai jóval nagyobb arányban adtak helyes választ, jobban teljesítettek. A hatodik és a hetedik feladat kapcsolódik egymáshoz. Meg kellett adni a két molekula eltérő viselkedésének okát, majd egy másik ábra alapján kiválasztani a részecskék

közti kölcsönhatást. Mindkét kérdés az általános kémiai ismereteik felhasználásával megválaszolható, ezért pozitívum, hogy a különbségek nem szignifikánsak a kísérleti és a kontrollcsoport között. Ez azért is kiemelendő, mert a részecskék közti kötések típusai, azoknak készségi szintű ismerete alapvető a kémia tantárgy egészének tanulása során. Így megállapítható, hogy ez a tananyag rész minden, a kutatásba bevont kilencedik osztályban megfelelően nagy hangsúlyt kapott.

A nyolcadik feladat esetén ismét szignifikáns különbség adódik ( $\chi^2$  értéke 14,074 és  $p=0,001$ ), a kísérleti csoport teljesítménye lett jobb. Az adszorpció mértékének hőmérséklettől és nyomástól való függése esetén adódott szignifikáns különbség azért is elgondolkodtató, mert ez a kérdés ismét az anyagi halmazok témakörre vonatkozik, általános kémiai ismereteket kér számon. Minden osztály megoldásai között találtam jó válaszokat is, vagyis egyértelműen kitértek a tananyag feldolgozásakor a folyamatot befolyásoló tényezőkre, ám sokan ennek ellenére nem tudták összekötni ezt a kérdést az általános kémiai ismeretekkel. A helyes válaszok aránya azonban viszonylag alacsony, főként a kontrollcsoportnál, és ez arra hívja fel a figyelmet, hogy nem eléggé általános, stabil a tanév végére kialakult részecskeszemléletük, a kémiai látásmódjuk.

Az utolsó kérdésben is egységesebb eredmény született a kísérleti és a kontrollcsoport esetén. Nem állapítható meg szignifikáns különbség ( $\chi^2$  értéke 1,985 és  $p=0,159$ ), de a kísérleti csoport teljesítménye ekkor is valamivel jobb lett. Az adszorpcióban rejlő különbségre a molekulák eltérő polaritásával kellett helyesen válaszolni. Az összes helyes válaszok viszonylag nagy száma (260) jelzi, hogy az év eleji teljesítményükhöz képest összességében jelentős fejlődés mutatható ki. Az előteszt megoldásakor erre a kérdésre a mintában szereplő tanulók 30,3%-a adott jó választ, míg az utótesztben ez 40,4%. Ez a növekedés az év elejéhez képest mégsem megnyugtató, mert a tanulók többsége olyan hibás válaszokat adott, ami sok tévképzetre és a tananyag több területén is komoly hiányosságokra utal.

Megvizsgáltam, hogy van-e szignifikáns különbség a kísérleti és a kontrollcsoport összteljesítménye között (2. ábra), és az adatok alapján (a  $\chi^2$  értéke 129,581; SZF=9,  $p=0,001$ ) szignifikáns különbség adódik. Ez azt támasztja alá, hogy az adszorpcióval kapcsolatos új eredmények alkalmazásával lényegesen eltérő, jobb eredményt lehetett elérni.



2. ábra: A kísérleti és a kontrollcsoportban elért összpontszámok

A kétmintás t-próba alapján az adatok elemzése során is azt állapítottam meg, hogy szignifikáns különbség van az adszorpciós eredményekkel kiegészített tananyag oktatási hatékonysága és az ezt nélkülöző között ( $t=10,473$  és  $p=0,001$ ). A kísérleti csoport eredményei jobbak.

***A harmadik hipotézis beigazolódott.***

## 9. További kutatási irányok, lehetőségek

Az adszorpciós kutatásunk eredményeinek alkalmazása az oktatásban szignifikáns különbséget eredményezett, a kísérleti csoport eredményei jobbak lettek. Ez is indokolja, hogy újabb vegyületek adszorpcióját is érdemes bemutatni, amellyel feltételezhető, hogy még jobb eredményt érhetünk el. Szélesíthetjük azon vegyületek és adszorbensek körét, amelyek a hétköznapi gyakorlatban is előfordulnak és adszorpciós folyamatban is részt vehetnek. Érdemes lehet a tananyag más területének feldolgozásához másféle szimulációk bevezetését is megfontolni. Újabb lehetőséget ad a feladatlapokban is szereplő fogalmak esetén a természettudományos tudás vizsgálatára napjainkban egyre többször használt szóasszociációs módszer alkalmazása is. Ezzel a módszerrel feltárhatók a hiányosságok, téves elképzelések nemcsak az adszorpció terén, hanem a tananyag bármely, a továbbhaladás szempontjából kulcsfontosságú fogalmi esetén is. A vizsgálat kiterjeszhető nemcsak a kilencedikes, hanem tízedikes tanulók körére is, és érdemes a fakultációs csoportokban tanuló diákok körében is elemzést végezni az egyes fogalmak alapján. Így nemcsak a fogalmi háló, hanem annak változása, alakulása a számítógépes szimuláció alkalmazása esetén is felmérhető és elemezhető lesz. A jövőben ennek vizsgálatára a korábbi eredményeimet is felhasználva keresem a lehetőséget.

## Irodalmi hivatkozások

- Csapó Benő (2000): A tantárgyakkal kapcsolatos attitűdök összefüggései. *Magyar Pedagógia*, **100.** 3. sz. 343-366.
- Fernengel András (2009): *A kémia tantárgy helyzete és fejlesztési feladatai*. <http://ofi.hu/tudastar/tantargyak-helyzete/kemia-tantargy-helyzete>. (Utolsó letöltés: 2017. 04.05.).
- Nahalka István (1998): *Gyorsítópályán a környezeti nevelés?* <http://www.tabulas.hu/cedrus/1998/04/szakmas2.html> (Utolsó letöltés: 2018. 10.07.).
- Teppo, M. és Rannikmae, M. (2003). Increasing the relevance of science education - student preferences for different types of teaching scenarios. *Journal of Baltic Science Education*, **2.** 2. sz. 49-61.
- Tóth Zoltán (2016): A tanulók kémiai gondolkodásának néhány jellemzője. *Magyar Kémikusok Lapja*, 2016 november, 334-338.
- Vaarik, A., Taagepera, M. és Tamm, L. (2008): Following the logic of student thinking patterns about atomic orbital structures. *Journal of Baltic Science Education*, **7.1.** sz. 27-36.

## Az értekezés témájában készült publikációk, konferencia előadások

- Sumi Ildikó (2014): Számítógépes modellek alkalmazása a kémia oktatás különböző szintjein. *Magyar Tudomány Ünnepe 2014*, Eszterházy Károly Főiskola, Eger, 2014. november 7.
- Sumi Ildikó (2015): Digital Methods in Teaching Chemistry: Simulation and Mobile Technology (Poszter). *International Seminar on Teaching, Teacher Education and Teacher Educators*, Eger, 2015. szeptember 7.
- Cseh Gáborné Nagy Emőke, Korompainé Szitta Emese, Nagy Éva, Sumi Ildikó, Tóth Angelika: A "D" épület mint passzív ház. Eszterházy Károly Főiskola, *Botanika hete*, 2015. május 20.
- Sumi Ildikó (2016): A környezeti nevelés főbb fejlesztési területei és lehetőségei a hazai közoktatásban. *EDU Szakképzés-, és környezetpedagógia elektronikus szakfolyóirat*, **6.** 3. sz. 157-175. [http://eduszakped.com/wp-content/uploads/2016/09/edu11\\_08.pdf](http://eduszakped.com/wp-content/uploads/2016/09/edu11_08.pdf) (Utolsó letöltés: 2018. 10.18.).
- Sumi, I., Picaud, S. és Jedlovsky, P. (2015): Adsorption of Methylene Fluoride and Methylene Chloride at the Surface of Ice under Tropospheric Conditions: A Grand Canonical Monte Carlo Simulation Study. *Journal of Physical Chemistry C*, **119.** 30. 17243-17252.



- Sumi Ildikó (2016): Légszennyező anyagok adszorpciójának modellezése, az eredmények oktatásban való alkalmazásának lehetőségei. *XII. PhD Konferencia*, 2016. április 2. Budapest. Professzorok az Európai Magyarországiért Egyesület, Budapest. Előadás és elektronikus könyv ISBN: 978-963- 89915-7-7.
- Sumi, I., Fabian, B., Picaud, S. és Jedlovszky, P. (2016): Adsorption of Fluorinated Methane Derivatives at the Surface of Ice under Tropospheric Conditions, As Seen from Grand Canonical Monte Carlo Simulations. *Journal of Physical Chemistry C*, **120**. 31. 17386-17399.
- Sumi Ildikó (2016): Légszennyező anyagok adszorpciójának és átalakulásának modellezése, az eredmények oktatásban való alkalmazási lehetőségei, hatásának vizsgálata. Konferencia: *Doktorandusz Nap*, 2016. június 17. Szervezők: Magyar Tudományos Akadémia Pedagógiai Tudományos Bizottság Didaktikai Albizottsága
- Sumi Ildikó (2016): Számítógépes szimulációs eredmények, és ezek alkalmazásának lehetőségei a középiskolai kémia oktatásban. Konferencia: *Magyar Tudomány Ünnepe*, Eszterházy Károly Egyetem, Eger, 2016. november 22.
- Sumi, I. Picaud, S. és Jedlovszky, P. (2017a): Adsorption of Chlorinated Methane Derivatives at the Ice Surface. A Grand Canonical Monte Carlo Simulation Study. *Journal of Physical Chemistry C*, **121**. 14. 7782-7793.
- Sumi, I., Picaud, S. és Jedlovszky, P. (2017b): Dependence of the adsorption of halogenated methane derivatives at the ice surface on their chemical structure. *Journal of Molecular Liquids* (ISSN: 0167-7322) (eISSN: 1873-3166). 17-26.
- Sumi Ildikó (2017): Kilencedikes tanulók részecskéssel kapcsolatos ismeretei és a tudományos modellek alkalmazása. Konferencia: *Magyar Tudomány Ünnepe 2017*, Eszterházy Károly Egyetem, Eger, 2017. november 21.
- Sumi Ildikó (2017): Új kutatási eredmények alkalmazása a kémia tantárgy oktatásában. In: Mesterházy Beáta (szerk.): *XVI. Természet-, Műszaki és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia*, Előadások, Eötvös Loránd Tudományegyetem Savaria Egyetemi Központ, Szombathely. ISBN 978-963-9871-63-2
- Sumi Ildikó Katalin: A környezeti nevelés területei és megvalósítása a kémia órákon a konstruktivista pedagógiára építve. *Környezeti nevelés és tudatformálás II.* kötet, Líceum Kiadó, Eger. (megjelenése alatt).