

## Kutatási szöveg tanórai feldolgozása

*Cikkünkben egy újszerű tanítási módszert mutatunk be, melynek témája a haleyő madarak zsákmányszerzésével kapcsolatos biooptikai problémához kapcsolódik. Az optikai tanulmányok keretében a fénytörés témakör tanulmányozását követően egy érdekes biooptikai kutatással kapcsolatos írást mint tanszöveget elemeztek több osztály diákjai. A tanulók a tanszöveg végén a tudományos kutatással kapcsolatban fölött kérdésekre válaszoltak írásban. Jelen írásban e tanulói válaszokat elemezzük.*

**N**apjainkban a természettudományos nevelés számos problémával küzd. Például nem megfelelő az iskolában tanult/tanított természettudományos tudás alkalmazása a mindennapok során felmerülő problémák megoldásában. Folyamatosan csökken a tanulók természettudományok iránti motivációja, a természettudományos tantárgyak népszerűsége, ami már komoly gazdasági tényezőként is jelentkezik. A diákok egyre inkább elfordulnak a természettudományos pályáktól. Az oktatásnak ugyanakkor a társadalom rohamos fejlődése következtében egyre több új kihívásnak is meg kell felelnie, a munkaerőpiacon eredményesen alkalmazható műveltség és szaktudás közvetítése szükséges. Ehhez viszont az iskolában fel kell készíteni a diákokat a változásokhoz való alkalmazkodásra, a folyamatos, egész életen át tartó tanulásra (Nagyné, 2010). A magyar iskolák többsége ezzel mintegy szembe menve, a természettudományokat alapvetően önmagában zárt, a köznapoktól elkülönült világként mutatja be, és a gyerekek többségében ez a megközelítés rögzül. Ez nem annyira a kutatói utánpótlásra, mint inkább a szélesebb nyilvánosság és a természettudományok kapcsolatának alakulására van rossz hatással (Patkós, 2008).

### A kutatásalapú tanítás/tanulás (kat)

Több országban elterjedt gyakorlat a természettudományos nevelés mint kutatás, illetve a kutatásalapú természettudomány-tanítás koncepciója, amelynek lényege, hogy a kutatás képezi a természettudományos nevelés alapját, irányítja a tanulói tevékenységek megszervezésének és kiválasztásának alapelveit. A kutatásalapú tanulás/tanítás, rövidítve KAT (angolul 'Inquiry-Based Learning', IBL) olyan módszer, amely biztosítja, hogy a tanulók átéljék a tudásalkotás folyamatait. Ezt a megközelítést szeretnénk hazánkban is elterjeszteni. A módszer fő jellegzetessége, hogy a diákok végezzenek kutatással kapcsolatos, illetve kutatás jellegű tevékenységeket a természettudományok tanulása során (Nagyné, 2010).

A tényleges kutatási tevékenység manuális elvégzésére azonban nem mindig, nem minden téma esetében van közvetlen lehetőség. Ilyen esetekben lehet például filmet nézni a kutatásról, de lehet érdekes kutatásokról szóló beszámolókat is olvasni és azokat a szövegeket feldolgozni. Ez utóbbi esetben a feldolgozásnak nemcsak a konkrét szakmai tartalmára érdemes kitérni, hanem a kutatás menetének és módszereinek elemzésére is. Erre azért van szükség, mert napjaink embere sokféle kutatási eredményről értesül a közmédiából. Ezek egy része tényleges, valódi kutatásnak tekinthető, de nagy részük sajnos az áltudományos kategóriába sorolható. A természettudományos tanóráknak tehát fontos

képességfejlesztési feladata, hogy a diákok képesek legyenek a ténylegesen tudományosnak tekinthető híradások elkülönítésére az áltudományos közlésektől.

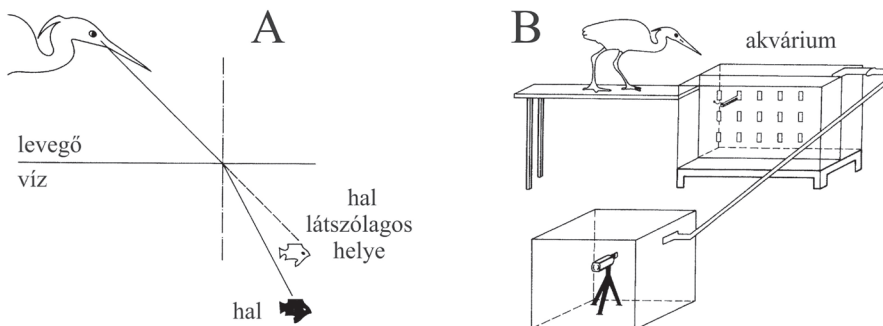
Jelen írásunkban erre mutatunk egy konkrét példát, melyben egy érdekes biooptikai probléma vizsgálatáról szóló kutatási beszámoló a feldolgozandó szöveg (Horváth, 2004). A feldolgozást tényleges iskolai környezetben kipróbáltuk. A következő szöveg került a diákok elé:

### *A halevő madarak zsákmányszerzése és a fénytörés*

*A ragadozó állatoknak a sikeres zsákmányszerzéshez föl kell mérniük a zsákmány térbeli helyzetét, azaz a távolságát és irányát. A halevő madarak zsákmánya a víz alatt található, így a vízfelszíni fénytörés jelensége miatt vízi célpontjuk máshol látszik, mint ahol a valóságban van (A ábra). Ezért a madártól bizonyos látási korrekciót követel meg a zsákmányszerzés. Vannak olyan madarak, mint például a kócsagok és a gémek, melyek a sekély vízben gázolva cserkészik be áldozatukat.*

Kutatók laboratóriumi körülmények között vizsgálták, hogy a kiskócsag víz alatti zsákmányra való lecsapása során ténylegesen el tudja-e végezni a szükséges látási korrekciót.

### *Első kísérletsorozat*



1. ábra

A B ábrán látható elrendezést alakították ki a vizsgálathoz. Apró halakat (zsákmányt) rögzítettek egy üvegedencében, amiben a halak helye változtatható volt. Ezután filmre vették, amint a kiskócsag a medence széléről lecsap az így előkészített zsákmányra.

A medencét a kísérletsorozat egyik részében víz, másik részében levegő töltötte ki. A felvett filmet számítógéppel kielemezve meghatározták a madár szemének és csőrének térbeli mozgását az idő függvényében.

A kísérletekben a madár mindig nagy pontossággal csapott le áldozatára, sohasem hibázott, függetlenül attól, hogy zsákmánya levegőben volt-e vagy víz alatt.

A filmfelvételek elemzéséből kiderült, hogy ha a madár egy víz alatti zsákmányra vág, akkor fejének mozgása a lecsapás alatt két részre osztható: Az első, lassú (50 cm/s) szakaszban a csőr csak hozzávetőlegesen irányul a célpont felé. Ezután hirtelen a második szakasz, a tényleges lecsapás kezdődik, mikor a mozgás

sebessége az előzőnek több mint ötszörösére (270 cm/s) gyorsul, s a csőr pontosan a zsákmányra irányul, habár az a fénytörés miatt máshol látszik. A csőr csak közvetlenül a célpont elérése előtt nyílik ki. A lecsapás mindkét szakaszában a mozgás közel egyenes vonalú.

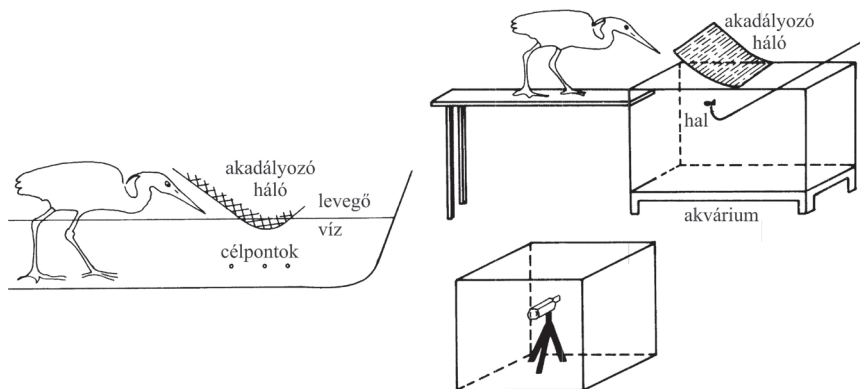
Mikor a madár nem víz alatti, hanem levegőbeli zsákmányra csap le, csőrének mozgáspályája nem különíthető el térbeli szakaszokra: A csőr már viszonylag távolról pontosan a célra irányul, s egyre növekvő sebességgel, közel egyenes vonalban, töréspont nélkül csap le.

A kísérletek eredményei azt mutatták, hogy a kiskócsag a természeteshez hasonló körülmények között a zsákmány valódi és látszólagos helye közötti néhány centiméteres eltérést tökéletesen kompenzálni tudja. Ekkor a madár úgy tudja megközelíteni zsákmányát, hogy felülről, a vízfelszíntől mérve viszonylag nagy (majdnem 90°-os) szögben csap le. Ennek eredménye közel 100 %-os találati arány.

### Második kísérletsorozat

A kutatók egy másik kísérletsorozatban olyan eseteket vizsgáltak, mikor a kiskócsag valamilyen akadály miatt a vízfelszínhez képest csak laposabb szögben közelíthette meg a zsákmányát. Ekkor a célpont valódi és látszólagos helye között nagyobb az eltérés az előző esethez képest. A kutatók kérdése az volt, hogy ilyenkor változik-e a találati arány.

A vizsgálathoz az előzőhöz hasonló elrendezést alakítottak ki, de az akvárium fölé ferdén kifeszített hálóval megakadályozták, hogy a madár túl közel mehessen a zsákmányhoz.



2. ábra

Ezzel elérték, hogy a madár a vízfelszínhez képest csak viszonylag lapos szögben nézhette a zsákmányt, és csaphatott le rá. A második kísérletsorozat eredményei a következők voltak:

- Sokkal nagyobb volt a tévesztési gyakoriság a vízi zsákmánynál, mint a levegőbelinél. A tévesztések száma nőtt, amint a madár a vízfelszínhez képest egyre laposabb szögben nézhette csak a célpontot, s csaphatott le rá.
- A lecsapás első szakaszának (mikor a madár bemérte zsákmányát és a fénytörés miatt szükséges korrekciókat elvégezte) időtartama nagyobb volt a vízi zsák-

mánynál, mint a levegőbelinél. Ezen idő annál nagyobb volt, minél laposabb szögben nézhette a célpontot a madár. Levegőbeli célpont esetében ilyet nem tapasztaltak.

#### *A két kísérletsorozat alapján levonható következtetések*

A két kísérletsorozat eredményei alapján az a következtetés vonható le, hogy a madár tévesztési gyakorisága nem azért nőtt az új kísérleti összeállításban, mert kissé akadályoztatva volt a zsákmány elérésében, hanem azért, mert nehezebben tudott megküzdeni a fénytörésből eredő korrekciós problémával.

A kiskócsag tehát az evolúció során alkalmazkodott a víz alatti zsákmány fénytörés miatti látszólagos helyének a valóditól való eltéréséhez. Ha ez nem túl nagy (azaz ha a madár megfelelően meredeken nézhet, s csaphat le), akkor a tévesztési rátája nulla. A zsákmány látszólagos képének nagyobb eltolódásai mellett azonban a madár már nem képes megfelelő korrekciókat végrehajtani, s a hibaarány jelentősen megnő.

Kérdések a szöveggel kapcsolatban

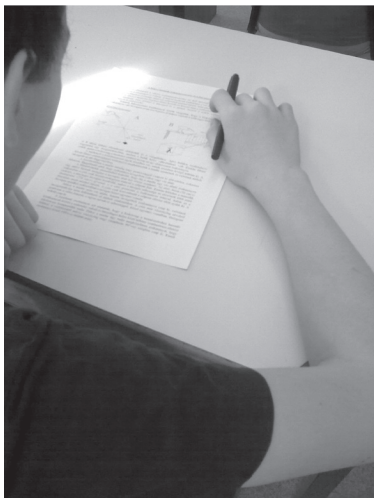
- 1.) Mi volt a kutatási kérdés?
- 2.) Mi volt a kutatás feltételezése (munkahipotézise)?
- 3.) Milyen egyszerűsítésekkel éltek a kutatók a vizsgálatok során?
- 4.) Milyen mérésorozatokot végeztek a kutatók?
- 5.) Mi volt a kísérleti és az ellenőrző (kontroll) mérés?
- 6.) Hogyan elemezték a kapott adatokat?
- 7.) Milyen hibaforrások lehettek a mérés során?
- 8.) Milyen következtetésekre jutottak a kutatók?
- 9.) Milyen további kutatási kérdéseket tudnátok megfogalmazni a témával kapcsolatban?
- 10.) Ti milyen vizsgálati eljárást, kísérleti berendezést terveztetek volna?
- 11.) Milyen egyéb mennyiségeket mértetek volna meg és hogyan?

#### **A vizsgálat célkitűzése, lebonyolítása**

A tanszöveg feldolgozásának fő célkitűzése a természettudományos ismeretszerzés fő lépéseinek mint egy metakognitív tudásrendszernek a tudatosítása a diákokban. Munkánk valójában azt a célt szolgálta, hogy megállapíthassuk, ténylegesen lehet-e ilyen jellegű feldolgozást végeztetni a tanulókkal, továbbá szerettünk volna valamilyen képet kapni az oktatási kísérletbe bevont tanulók eredményességéről ezen a területen. Ezért a fenti szöveg feldolgozása oktatási kísérlet alkalmával ténylegesen megtörtént több iskolai osztályban az optika törési törvényének témaköréhez kapcsolódva.

Először egy nyolcadikos osztály próbálkozott, de még nem a fentebbi szöveggel, hanem annak elődjével, ami hosszabb és bonyolultabb volt, s amiben több ábra szerepelt. A diákok ugyan kedvezően fogadták az újszerű feldolgozást, de jelezték, hogy túlzottan nehéz számukra a szöveg. Az osztálytermi kipróbálást vezető tanárjelölt és a diákok véleménye alapján a szöveget egyszerűsítettük, mely fentebb olvasható, és a továbbiakban már ezzel dolgoztunk.

A szöveget különböző életkorú tanulók dolgozták fel. Egy általános iskola 8. osztálya és két 10. évfolyamos gimnáziumi osztály, mindösszesen 83 tanuló vett részt a kísérletben. A diákok érdekesnek találták a szöveget és a módszert is, annak ellenére, hogy ez



3. ábra. Tanulói munka

a feldolgozási mód nagyban eltért a megszokott természettudományos tanórák menetétől, s új számukra. A szöveget követő kérdések is furcsák voltak a diákoknak. A szöveg feldolgozása egy 45 perces tanórát vett igénybe mindhárom esetben, aminek menete a következő volt:

- a tanulók önállóan elolvasták a szöveget,
- rövid írásos válaszokat készítettek a szöveget követő 11 kérdésre, melyek a kutatás menetével voltak kapcsolatosak,
- végül közös megbeszélés következett.

### Az adatok kiértékelése

A tanulói válaszokat összegyűjtöttük és elemeztük. Azért, hogy képet kapjunk arról, hogy a diákok mennyire tudtak érdemben foglalkozni a szöveggel és milyen szinten válaszoltak a kérdésekre, a válaszok kódolásával egy pontozási rendszert

alakítottunk ki (Korom, 2005, 43. o.). A kiértékelésnél a válaszokat két részre bontottuk. Mivel az első hét kérdés gyakorlatilag teljes mértékben a szövegre vonatkozik, ezért a helyes válaszok a szövegből kiolvashatók, illetve természettudományos előzetes ismeretek segítségével megválaszolhatóak voltak. A 9., 10. és 11. kérdésekre adandó válaszokhoz már a tanulók kreativitására, a szövegtől való elvonatkoztatásra, a való életet és az ésszerűséget is számításba vevő átfogóbb szemléletre volt szükség.

Az 1–8. kérdésekre 3 pontot adtunk, ha a tanuló teljesen, 2 pontot pedig, ha részben helyesen válaszolt, 1 pontot, ha volt valami jó elem a válaszban, és 0 pontot, ha nem volt válasz, vagy ha az teljesen hibás volt. A 9–11. kérdéseknél 0 pontot adtunk, ha nem volt válasz, 1 pontot, ha egy ötletet, és 2 pontot, ha kettő vagy több ötletet írt le a tanuló. A pontokat egy Excel-táblázatban rögzítettük. Az Excel táblázatkezelő program segítségével készítettünk egy statisztikai kiértékelést is, ami alapján összehasonlítható a tanuló-csoportok teljesítménye. Mivel csak kis mintánk volt, így e statisztikai elemzés csupán tájékoztató jellegűnek tekinthető.

Az iskolai feldolgozásba olyan tanárszakos hallgatók is bekapcsolódtak, akik az úgynevezett hosszú tanítási gyakorlatukat végezték. Érdekes volt számukra ez a típusú oktatási feladat, mivel korábban ilyennel nem találkoztak a saját közoktatásuk vagy az egyetemi szakmódszertani tanulásuk során. Az új típusú tanárképzés része a szóban forgó hallgatók számára a tanításkísérő szemináriumok rendszere. A tanárszakosok az iskolai gyakorlattal párhuzamosan vesznek részt olyan foglalkozásokon, melyeken pedagógiai jellegű problémákat vagy a szaktárgy tanításával kapcsolatos kérdéseket beszélnek meg. Jelen cikk egyik szerzője (Radnóti Katalin) kínálta fel a hallgatóknak az oktatási kísérletbe való bekapcsolódás lehetőségét, amivel többen éltek is az oktatási gyakorlatuk során.

### A tanulói válaszok elemzése

A tanszöveg szakmai tartalmával kapcsolatban megjegyezzük, hogy az 1A ábra jól mutatja, hogy hol látszik a hal képe, ami sok tankönyvben hibásan szerepel.

Érdekes, hogy átlagok tekintetében az általános iskolai osztály jobban teljesített az egyik középiskolai osztálynál (47 százalék a 8. évfolyamra járó tanulók és 38 százalék az

egyik 10. évfolyamos osztály tanulójának a teljesítménye), de e különbség statisztikailag nem szignifikáns. (A kreativitási kérdések esetében 20 százalék volt a 8. évfolyamosok és 10 százalék a tizedikesek teljesítménye.) A másik gimnazista osztály 48 százalékos eredményéhez képest közel ugyanúgy teljesítettek az általános iskolások a feladatsor első felében, a második felében viszont e középiskolás társaság lényegesen jobb teljesítményt nyújtott (38 százalék). A két középiskolás osztály teljesítménye szignifikánsan különbözött egymástól.

Annyit talán el lehet mondani a vizsgált három osztály eredményei alapján, hogy úgy látszik, a kutatással kapcsolatos tudásrendszer nem gyarapodik jelentősen az iskolai tanulmányok során. Ez sajnos nem biztató hír! Az 50 százalék alatti teljesítmény azonban nem tekinthető rossz eredménynek, hiszen a föltett kérdésekhez hasonlókkal nem találkoznak a gyerekek a tanulmányaik során, s az alkalmazott tanítási módszer is új volt számukra. A fizika vagy egyéb természettudományos tanórákon nem szokás ilyen jellegű kérdéseket megbeszélni, ezen a gyakorlaton szerintünk változtatni érdemes. Az utolsó három kérdés kifejezetten az új ötletekre kérdezett rá, a diákok kreativitását igényelte, világszemléletét vizsgálta. Sajnos sok tanuló nem is válaszolt rájuk.

Írásunk további részében bemutatjuk, hogy a szöveg utáni kérdésekre a tanulóktól milyen válaszokat vártunk, majd elemezzük a tanulói válaszokat, melyekből néhány érdekeset be is mutatunk.

#### 1) Mi volt a kutatás kérdése?

*Válasz: Képes-e a kiskócsag a vízben lévő zsákmány elkapásakor a fénytörés miatt szükséges korrekciót elvégezni?*

A legjobb válaszok e kérdésre születtek, a kutatási kérdést a legtöbb tanuló (44-en kaptak 3 pontot a 83-ból) rendesen meg tudta fogalmazni a tanszöveg alapján. Itt elvártuk a diákoktól, hogy kérdő mondatot írjanak le a válaszukban, hiszen a kutatás kérdését kellett megfogalmazniuk. Ehhez képest több tanuló valamilyen állítást fogalmazott meg. Sokan egyszerűen kimásolták a szövegből a kutatási kérdést, míg a következő kérdésekre már nem adtak helyes választ. Az, hogy egyazon tanuló válaszai sem mindig következetesek egymással, a hatékonyabb természettudományos szemléletformálás igényét támasztja alá. Ugyanerre a problémára világít rá az az előbb említett tény is, hogy gyakoriak voltak a kimásolások, ami azt jelzi, hogy a gyerekek képesek fölismerni a szövegben lévő fontos elemeket, az értelmezés, az önálló kifejtés azonban még gátba ütközik. Más szemszögből nézve, a másolásokból levonható az a sajnálatos következtetés is, hogy valószínűleg már a kutatási kérdést sem értették meg pontosan a diákok. Volt viszont néhány válasz, mely mélyebb megértést tükrözött. Ezek közt előfordult olyan diák, aki hangoztatta válaszában, hogy néhány cm-es eltérést eredményez csak a fénytörés, amit korrigálni kell a kócsagnak. Az a tanuló, aki teljes mértékben átfogalmazta a választ, feltételezhetően tökéletesen értette is a kutatási prob-

---

*Látszik, a kutatással kapcsolatos tudásrendszer nem gyarapodik jelentősen az iskolai tanulmányok során. Ez sajnos nem biztató hír! Az 50 százalék alatti teljesítmény azonban nem tekinthető rossz eredménynek, hiszen a föltett kérdésekhez hasonlókkal nem találkoznak a gyerekek a tanulmányaik során, s az alkalmazott tanítási módszer is új volt számukra. A fizika vagy egyéb természettudományos tanórákon nem szokás ilyen jellegű kérdéseket megbeszélni, ezen a gyakorlaton szerintünk változtatni érdemes.*

---

léma jellegét, például: „...hogyan küzd meg a fénytöréssel?”, „...hogyan, illetve egyáltalán képes-e elvégezni a látási korrekciót?”. Ez utóbbi példánál szépen látszik, hogy a diák nem vette „készpénznek” a kutatási hipotézist, és valóban a kutatási kérdést tette fel. Mindkét példa szemlélteti, hogy a diák értette azt, amit leírt, nem pedig csak „ész nélkül” másolt a szövegből. E kiemelt válaszok a mélyebb megértés mellett a kifejtettebb absztrakciós képességet jelzik, vagy a téma iránti nagyobb vonzódásra utalnak. Fontos, hogy a gyermekek meghagyják és elfogadják a lehetőségét annak, hogy a kutatási kérdésre nemleges választ is kaphatnak a kutatás eredményeként, illetve hogy a végül levont következtetések megcáfolhatják a munkahipotézist.

Teljesen rossz válaszok is akadtak. Többször előfordult arra való utalás, mintha a kiskócsag a fénytörés miatt könnyebben jutna zsákmányhoz, jobban látna a fénytörésből eredő korrekciós probléma miatt. Az általános iskolás tanulók között előfordult olyan válaszadó is, aki a fénytörésről teljes mértékben megfeledkezett, csak arra figyelt, hogy milyen százalékban sikeres a madár vadászata a körülményektől függően. Ez ebben az életkorban érthető, mivel előfordulhat, hogy csak a madár szemszögéből képes nézni még a gyermek az eseményeket, és a legalapvetőbb mindennapos problémát látja meg a szituációban, az élelemszerzés kérdéskörét, míg az elvontabb mondanivalót már nem. Olyan válasz is előfordult a kisgyermekes esetében, mely eleinte arra utalt, hogy teljesen érti a problémát, de utána a fogalmazás zavarossá, érthetlenné vált. Fölmerül a kérdés, hogy fogalmazási problémából ered-e ez, vagy ennyire ambivalensen mozog a diák a témában (mondjuk attól függően, hogy mely része érdeklő, köti le jobban).

## 2) Mi volt a kutatás feltételezése (munkahipotézise)?

*Válasz: Igen, a kiskócsag képes elvégezni a korrekciót.*

E kérdésre kevesebb jó válasz érkezett. 29 tanuló kapott 3 pontot és 33-an 0 pontot értek el. A jó válaszok közt voltak kiemelkedők. Volt olyan tanuló, aki általánosított a kócsagra vonatkozó feltételezésből az efféle gázlomadarak zsákmányszerzési szokásaira. Előfordult olyan, aki egyszerűen és tömören leírta, hogy „A madár tökéletesen tudja kompenzálni a néhány cm-es eltérést”, ami arra utal, hogy teljes mértékben értette a jelen kutatásalapú tanulás módszerével feldolgozott téma alapkérdését. Lehetett volna elvonatkoztatást nem tartalmazó helyes válasz is, melyben a diák a kócsag zsákmányszerzésével foglalkozott, de ez a válasz valamiért a 3. kérdéshez került, melynek ilyen értelemben nincs köze a munkahipotézishez. A rossz válaszok közt nagymértékben fordult elő az, hogy kérdésként írták le a munkahipotézist: „...a kócsag képes-e?”, „Képes-e vagy nem?” (még azt sem jelölve, hogy mire). Volt, aki már tovább gondolkozva nem a munkahipotézist ismertette, hanem azt, hogy a zsákmányszerzéshez a kiskócsagnak szüksége kellene legyen bizonyos látási korrekcióra; ez önmagában nem a munkahipotézis, hanem a munka motivációja lehet, hiszen a madárfaj nem halt ki, azaz bizonyára valahogy szerez zsákmányt, melyhez viszont szükséges a látási korrekció, s ezt vizsgálták a kutatók. Többben olyan kérdéseket, illetve (nyelvtanilag helytelenül) kijelentő mondatokat írtak, melyeknek nincs köze a kutatás feltételezéséhez, ilyen például: „Hogyha csökkentik a látási szöveget, akkor mennyire pontosan csap le áldozatára.”. A szögek problémája sokaknál zavart eredményezett, hiszen többen munkahipotézisnek titulálták azt, hogy „A madár 90°-os szögben tud rendesen lecsapni.”, ami egy tényleges megfigyelés, de semmi köze a munkahipotézishez. Előfordult olyan, hogy valaki a kérdésre válaszolt, de elvi hibát követett el, ugyanis azt a feltételezést írta le, hogy „A fénytörés miatt a madár téveszthet néhány centit.”, „Vízzel töltött medence esetében változik a találati arány.”, holott éppen ennek ellenkezője volt a hipotézis.

A kérdésről elmondható, hogy a feltételezés leírása már nyelvtanilag is problémát jelentett. Többször előfordult, hogy hipotézis helyett következtetést, motivációt vagy a kérdéshez nem kapcsolódó gondolatot írtak a tanulók. Tehát általánosságban elmondható, hogy a kutatási feltevés/munkahipotézis fogalma problémát jelentett. Néhány diákot ez megriasztott, s nem válaszoltak a kérdésre, még az 1. kérdésre adott helyes válaszuk ellenére sem.

### 3) Milyen egyszerűsítésekkel éltek a kutatók a vizsgálatok során?

*Válasz: Az élőhelyi zsákmányszerzéshez hasonló szituáció létrehozása laboratóriumban, melyben csak a vízre és a zsákmányra koncentráltak a kutatók.*

A kérdésre 21 tanuló kapott maximális 3 pontot és 23-an nullát. A kérdés átlagos megoldottsága hasonló, mint az előző kérdése. A jó válaszok többsége részletes volt, ami azt mutatja, hogy írójuk értette is, amit taglalt. Legtöbb esetben a nem maximális pontot elérők csupán 1–2 elemet írtak a sok közül. Néhány esetben viszont elgondolkodtató válaszok születtek, mint „Akvárium, laboratórium”, „Laboratóriumi körülmények”. Kérdés, hogy a válaszadók absztrakciós készségei fejlettebbek-e, vagy a rövid, tömör válasz azért született, mert a szövegből egyes értékesnek tűnő elemeket akartak kimásolni? Teljesen rossz válaszról nem beszélhetünk a kérdés kapcsán, mert aki írt valamit, az említett valamiféle egyszerűsítést. Félreértések azonban előfordultak. Az általános iskolai és a középiskolai tanulók között is volt, aki úgy interpretálta a kísérleti elrendezést, hogy az akvárium egyik fele vízzel, másik fele levegővel volt töltve (mintha abban egy válaszfal ezt lehetővé tette volna). Többen a 2. kísérletben szereplő hálót tartották a legfontosabbnak, s ennek létét is egyszerűsítésként írták le, ami arra utal, hogy e diákok nem értették meg az alapvető kísérletet és egyszerűsítéseket. Más részleteket is egyszerűsítésként említettek meg a tanulók, például a kamera ottlétét. Volt, aki az 5. kérdésre való választ is ide írta. Több gyermek mesélte el hiányosan, hogy mit csináltak a kutatók, de ez esetekben nem volt érezhető, hogy értették, hogy mik az egyszerűsítések, csak leírták, aminek köze lehetett a kérdéshez. Akik nem válaszoltak, valószínűleg nem értették a kérdést. Néhány tanulónál alapvető problémát jelentett az egyszerűsítés fogalma.

### 4) Milyen mérésorozatot végeztek a kutatók?

*Válasz: A kutatók először kamera és számítógépes kiértékelés segítségével vizsgálták a gázlómadarak egyikének zsákmányszerzési módszerét vízzel és levegővel teli akváriumban a korábbi egyszerűsítési feltételek mellett. Ehhez tanulmányozták a madár fejének és csőrének térbeli mozgását az idő függvényében, mértek sebességet és lecsapási szöveget. A madár lecsapási tévesztési rátáját határozták meg. A második esetben ugyanezt a mérésorozatot végezték el úgy, hogy a zsákmány fölé akadályozó hálót helyeztek, aminek következtében a madár nem csaphatott le olyan meredeken az áldozatára. A kevésbé meredek látószög miatt a célpont valódi és látszólagos helye közti különbség nőtt. Ekkor is vizsgálták a találati arányt.*

Az általános iskolai tanulóknak a kérdés megválaszolása lényegesen rosszabbul sikerült, mint az idősebbeknek. Összesen 22 fő kapott 0 pontot, közülük 14 általános iskolai tanuló volt. Mindkét korosztályban a leggyakoribb a hiányos válaszadás volt. Sokan leírták a mérés menetének egy részét, vagy jó utalásokat tettek a mért mennyiségekre, de a kétféle elem együtt elvétele szerepelt. A háló behelyezése több diák számára érdekes motívum



volt. Több tanuló adott hasonló választ, mint a következő 5. kérdésre. A diákokban keveredett maga a méréssorozatok leírása és a kontrollmérés taglalása. A vízzel és a levegővel teli akvárium is sokaknál szerepelt felületes megfogalmazásban, de nem ismertették a mérés menetét, csak ennek az egy tényezőnek a változását. Ugyanezek a tanulók a kontrollmérésre vonatkozó kérdéshez abszurd gondolatokat írtak, vagy ehhez a kérdéshez tartozó válaszokat. Nagyon gyakori volt, hogy a gyerekek az első kísérletsorozatban mért kétféle sebességet jelölő szakaszt írták le a mérésszakaszok helyett. Valószínűleg problémát jelentett, hogy a kérdésben és a szövegben is szerepelt a „szakasz” szó. Többen csak egy méréssorozatról írtak méréssorozatok helyett. Volt, aki csak a kiértékeléshez szükséges adatrögzítés menetéről írt, ami ugyan fontos, de itt nem csupán erről volt szó. A teljes félreértést tükröző válaszokban előfordultak olyan gondolatok, hogy az akvárium egyik fele vízzel, másik fele pedig levegővel lett volna töltve. Ekkor a gyermekek valószínűleg nem látták maguk előtt képzeletben a szövegben leírt kísérleti berendezést, ami a természettudományos szemlélet hiányát mutatja, hiszen ilyen jellegű kép kizárólag a Bibliában fordul elő, mikor Mózes szétválasztotta a vizet.

##### 5) Mi volt a kísérleti és az ellenőrző (kontroll-) mérés?

*Válasz: A méréssorozatokat nemcsak vízbe helyezett zsákmányállatokkal, hanem levegőbe helyezettekkel is elvégezték. A második sorozatban a madarat hálóval akadályozták abban, hogy megszerezze zsákmányát. Ezt a méréssorozatot is elvégezték víz alatti és levegőbeli zsákmánykihelyezéssel. Ezen kívül a zsákmány bemérésének idejét is figyelték vízbéli és levegőbeli zsákmány esetében.*

E kérdésre 19 jó válasz született és 55 fő kapott 0 pontot. Sokan leírták a mérést, a mért mennyiségek egy részét. Többen írták le a hálós és nem hálós kísérleteket. Sokan a 6. kérdéshez tartozó választ írták le e kérdéshez. Gyakorta előfordult, hogy a diákok az 1. kísérletsorozatban a madár mozgásának két szakaszát gondolták ide tartozónak, helytelenül. Többen csak egyféle méréssorozatról írtak. Volt, aki a kiértékeléshez szükséges adatrögzítés menetéről írt: „Egy kamerával felvették a madár lecsapását.”, ami igaz, de nem ide tartozik. Adódtak olyan helytelen válaszok is, mint például „A kamera.”, vagy „Kisebb szögben is elvégezték a kísérletet.”. Elvértve volt olyan diák, aki a kísérletsorozatok végkimeneteléről írt meglehetősen zavarosan, s ezeket titulálta ellenőrző és kísérleti mérésnek. Előfordult olyan, hogy a diák leírta a kísérleti és a kontrollmérést, de nem szerepelt, hogy melyik a kísérleti és melyik tölti be a kontroll szerepét. Ez vagy arra utal, hogy nem elég körültekintően történt a válaszadás, vagy azt mutatja, hogy ugyan felismerték a két lényeges motívumot, de nem tudták, hogy melyik melyik. Utóbbit támasztja alá az, hogy voltak olyan diákok, akik éppen fordítva értelmezve a kísérleti mérést neveztek kontrollnak és viszont. Valószínűleg sok tanuló számára szokatlan, ismeretlen volt a kontrollmérés fogalma. Ezt igazolja, hogy többen kihagyták ezt a kérdést. Az alapvető kifejezés ismeretének hiánya arra utal, hogy jelenleg a legtöbb fizika- és kémiaórán csak nagyon kis mértékben helyeződik a hangsúly a mérések kiértékelésére, a diákok kutatási vagy vizsgálati folyamatba történő bevonására. Holott a legtöbb tanuló élvezné, ha saját kezűleg kísérletezhetne, lehetne részese egy leegyszerűsített kutatási folyamatnak, s ez több emberi érzékszerv bevonását is jelentené a tanulási folyamatba, ami hatékonyabb ismeretszerzést eredményezhetne.

6) *Hogyan elemezték a kapott adatokat?*

*Válasz: Az elemzés során a kutatók azt vizsgálták, hogy hány %-ban volt sikeres a zsákmányszerzés.*

A válaszok között előfordult olyan, hogy a helyes válasz szerepelt, de előtte teljesen helytelen elemek voltak olvashatók. Többen e kérdésre írtak le olyan választ, amit inkább az előző kérdésre kellett volna írni, ellenben arra nem adtak kielégítő feleletet. Sokan leírták a mérések részletes menetét vagy azok egy részét, illetve a mért mennyiségeket. A hálóval és anélkül végzett kísérletekről többen írtak, ami viszont nem ide tartozott. Ez a korábbiakhoz hasonlóan arra utalt, hogy hiányos, hibás volt a diákoknak a kutatási folyamatokról, azok algoritmusairól alkotott képe. A „Hogyan?” kérdőszó sokaknál módhatározót jelentett, illetve a „Mivel?” kérdés szinonimájaként értelmezték. Ebből viszont nem születtek értelmetlen válaszok, mindkét korosztálynál például sokszor fordult elő az a válasz, hogy „Filmre vették, és számítógéppel kielemezték”. Sokan írtak olyasmit, hogy 100 százalék, de az ritkán szerepelt, hogy ez az érték mire vonatkozott, pedig az lett volna a lényeg. Előfordult, hogy azt írták, „Összehasonlították a két kísérletet”, de nem volt ott sem az, hogy milyen eredménnyel, sem pedig, hogy milyen úton. A helytelen válaszok között szerepelt olyan is, amelyben a tanuló az elemzés és az ellenőrzés kifejezést keverte.

7) *Milyen hibaforrások lehettek a mérés során?*

*Válasz: Például a következőkre lehet gondolni: a filmfelvevő nem megfelelő beállítása, a madár túl nagy távolsága az akváriumtól, a madár zavarása, stb.*

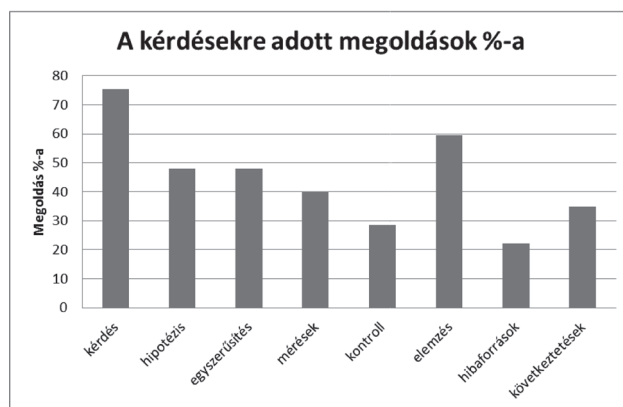
E kérdésre sokan nem is válaszoltak. Mindössze 7 tanuló kapott 3 pontot, míg 52-en nullát. Viszont előfordultak ötletes, fejlettebb természettudományos szemléletre utaló válaszok, mint például: a madár nem kapja el a halakat, beleakad a hálóba, lelőki az akváriumot, nem éhes, az állat tönkreteszi a mérőberendezést, túl meleg a víz, a kamerabeállítás problémája vagy az adatok mérésének pontatlansága. Több helyen megfigyelhető volt a hibaforrás és egyszerűsítés fogalmának keverése. A kérdésre adott válaszok kiértékelése alapján elmondható, hogy a gyermekek nem voltak tisztában a hibaforrások, a mérési hiba fogalmával, ami összhangban állt a korábbiakkal, miszerint a mérések kiértékelése és a kutatási tevékenység sajnos háttérbe szorul a közoktatás során a tanulási folyamatban.

8) *Milyen következtetésekre jutottak a kutatók?*

*Válasz: A zsákmányszerzés szinte 100 százalékos sikere az 1. vizsgálat sorozatban és csak részleges sikere a hálóval akadályozott 2. esetben. Meredek lecsapási szögnél teljes mértékben képes a madár a fénytörés kompenzációjára, míg lapos szög mellett kevésbé. Amint a vízfelszínhez képesti lecsapási szög csökken, úgy nő a zsákmányszerzés hibaráta.*

Ezt csak kevesen, mindössze 12 tanuló tudta jól, 3 pontosra leírni. Részben jó válaszból több adódott. Sokan nem adtak teljes választ, csak utalásokat fogalmaztak meg. Előfordultak félmondatos, értelmetlen válaszok: „Szinte 100 %-osan.” A félreértések, elvi hibák viszonylag sok esetben fordultak elő a tanulói válaszokban, például „A ragadozó madarak zsákmányszerzésénél a fénytörés nem játszik közre.”, holott éppen arról szövelt

a teljes szöveg, hogy az effektus megfigyelhető, de az állat kompenzációra képes. Volt, aki azt írta, hogy vízben mindig nehezebben ejti el zsákmányát az állat, holott éppen az volt a mérésekkel alátámasztott munkahipotézis, hogy sikeresen kompenzál a megfelelő körülmények mellett. Gyakran megjelent önmagában az a szövegben is hangoztatott tény, hogy a háló miatt nem nézhetett elég meredeken a kócsag az áldozatára, s ez problémát okozott a kompenzációban. Az, hogy csak részleges válaszok adódtak, arra utalhat, hogy a szöveg globális áttekintése a különböző korosztályoknál egyaránt problémás volt. Teljesen hibás válaszok itt is voltak, mint „A kócsag akár 90°-os szögben is tud csapni.”. A kérdésre adott válaszok alapján az is kijelenthető, hogy vagy a fizikai ismeretek kielégítőek, vagy a biológiaiak, de együtt a kettő ritkán, pedig valószínűleg a biológiaórák keretében az utóbbiak is felszínre kerülnének. Tehát a pedagógiai transzferrel problémák voltak, vagyis az egyik tantárgyban megtanult ismeretek alkalmazása problémás volt a másik tantárgyban. Az is megfigyelhető volt, hogy a következtetés logikailag problémát okozott még az idősebb korosztálynak is.



4. ábra. A tudományos kutatási folyamat elemzésével kapcsolatos kérdésekre adott válaszok megoldási százaléka az egyes kérdések esetében.

A 4. ábrán oszlopdiaqramon szemléltetjük az egyes kérdésekre adott tanulói válaszok megoldási százalékait mind a 83 tanuló esetében, amiből jól látható, hogy a diákoknak a legnagyobb problémát a mérés során előforduló hibalehetőségek számbavétele és a kontrollmérések felismerése jelentették. Ez összhangban van a PISA-mérések magyar tanulóokra vonatkozó eredményeivel, miszerint az ilyen jellegű kérdésekben gyengén teljesítenek. Tehát ez egy fejlesztendő területe a magyar természettudományos oktatásnak! Éppen azokra a kérdésekre kaptuk a legkevesebb jó választ, amelyek leginkább a tudományos kutatás szemléletmódjával, a laboratóriumi kutatás módszertanával voltak kapcsolatban.

9) Milyen további kutatási kérdéseket tudnátok megfogalmazni a témával kapcsolatban?

*Válasz: Például más vízi és szárazföldi madarakra is ki lehet terjeszteni a vizsgálatot. Milyen szerepe lehet a csőr méretének és alakjának? A fordított biooptikai probléma tanulmányozása, azaz vízből levegőbeli zsákmányra vadászó lővőhalak zsákmányszerzésének vizsgálata.*

E kérdésre sokan nem válaszoltak, 50 tanuló kapott 0 pontot. Akik viszont hozzászóltak a témához, érdekes dolgokat írtak. Jó ötletek voltak például a következő gondolatok: hogyan befolyásolja a kísérlet eredményét a fényviszonyok változtatása, a napszak, a mozgó célpont, a víz mozgása, a mélyebb és sekélyebb víz okozta eltérés, a színezett víz, a hal mérete, a hal fajtája, a tér növelése, növények elhelyezése az akváriumban, a víz helyett más sűrűségű folyadék használata? Sajnos voltak olyanok is, akik leírták azon kérdéseket, melyek méréséről az egész szöveg szólt.

*10) Ti milyen vizsgálati eljárást, kísérleti berendezést terveztek volna?*

*Válasz: Például el lehetne végezni a természetben is a kísérletet egy valódi tóban vagy egy állatkerti mesterséges víztestben. Csak egyetlen kócsaggal végezték-e el a kísérleteket vagy többel is? Csak idős, tapasztalt kócsagokkal kísérleteztek, vagy fiatal, tapasztalatlanokkal is?*

E kérdésre sem válaszoltak sokan, mindössze 18 diák. Voltak, akik leírták, hogy ugyanazt a mérési elrendezést és vizsgálati eljárást alkalmazták volna. De megfigyelhető volt néhány jó ötlet, mint például: kisebb vagy nagyobb medence, természetben vagy ketrecben végzett kísérletsor, az akvárium körberakása belülről megtévesztő üvegekkel, annak vizsgálata, hogy miként keresi áldozatát a madár, a víz zavarosságának változtatása, hasonló kamerás mérések más állatfajok vadászatának vizsgálatára, mozgó-élő zsákmányok használata, a madár viselkedése több zsákmány lehetőség mellett, a zsákmányok bonyolultabb elzárása esetén sikerül-e azok elejtése?

*11) Milyen egyéb mennyiségeket mértetek volna meg és hogyan?*

E kérdésre is kevés válasz érkezett. Általában jellemző volt, hogy a „Hogyan?” kérdésre nem válaszoltak a diákok. De voltak nagyon ötletes fejtegetések is, például: a hal „harapásának” mértékét mérni nyomásmérővel, a madár testének víztől mért távolsága kamerával vizsgálható lenne, a víz hőmérsékletének hatása a mérés kimenetére, reflexek mérése, impulzusmérés, visszautalás a 9. és 10. válaszra. A gyerekek a kérdésre adott feleletben többnyire konzekvensek voltak saját magukkal, például a 9. kérdésnél fölmerült további kérdés lehetséges méréséről írtak itt, vagy utaltak korábbi gondolataikra. De előfordult, hogy valaki ide semmit sem írt, pedig szinte csak meg kellett volna ismételnie önmagát, ahogy arra is akadt egy-két eset, hogy a korábbi kreativitásmérő kérdésekre nem válaszolt a diák, de ide jókat írt.

Sajnos voltak olyanok is, akik leírták azon kérdéseket, melyek méréséről az egész szöveg szólt. Például nem vették észre a diákok, hogy a sebességértékekhez időt is kell mérni.

Az elemzésre szánt szöveg után föltett 11 kérdésre adott válaszok alapján elmondható, hogy a gyerekek számára problémát jelentett a szakkifejezések helyes használata. A tanulói válaszokban gyakran voltak találhatóak elvi hibák, félreértések és téves gondolatok. Új gondolatok esetében csak kismértékben történt meg azok részletes, pontos kifejtése. Jellemzőek voltak szövegértési és fogalmazási gondok is. A pedagógiai transzferrel problémák jelentkeztek. A diákok absztrakciós képessége alacsony szintűnek volt mondható. Több esetben megfigyelhető volt, hogy a diákoknak nem volt globális, csak lokális szemlélete a témakörrel kapcsolatban. Volt, hogy a diákok eredményt írtak hipotézis vagy kérdés helyett. Sokszor nem a kérdésre válaszoltak.

## Kiegészítési, további kutatási lehetőségek

A közös megbeszélés során még érdemes arra is kitérni, hogy egyéb, akár saját vizsgálatok esetén a diákok hogyan alkalmazzák a főnti módszert. Esetleg csak részben mentek végig a tanulók a főnti folyamaton, például a vizsgálati módszert nem ők maguk találták ki, hanem egy már bevált módszert vettek át. De minél több, hagyományos témakör tanítása során is érdemes a főnti kérdések alapján megbeszélni a feldolgozott tudományos felfedezést s annak történetét.

A tanszöveg feldolgozását a főnt leírt oktatási kísérlet során egyéni munkában végeztük a diákokkal. Ennek oka az volt, hogy a válaszok kódolását és elemzését meg tudjuk tenni. Azonban a napi tanítási gyakorlatban a feldolgozás csoportmunkában is megtehető. Például először mindenki önállóan elolvassa a szöveget, majd kisebb csoportokban megbeszéljük a kérdésekre adható válaszokat, amit végül osztályszintű megbeszélés követ.

A tanszöveg feldolgozásáról a már említett tanításkísérő szemináriumon is több alkalommal beszélgettünk a hallgatókkal, közösen elemeztük a diákok válaszait. A hallgatók kifejezetten örültek, hogy egy szakmódszertani kísérlet részesei lehettek. Többen megfogadták, hogy majdani tanítási gyakorlatukban ők is alkalmaznak hasonló módszert. Az új alapokra helyezendő tanárképzés fontos eleme az úgynevezett kutatásalapú képzés, hogy a képzésből kikerülő tanárok képesek legyenek hasonló jellegű osztálytermi kutatások elvégzésére, amire példát láthattak.

## Összefoglalás

Jelen írásunkban a kutatásalapú tanítás/tanulás olyan lehetőségeit mutattuk be, amelyekben a kutatási tevékenységet nem maguk a diákok végzik, hanem egy érdekes kutatási beszámoló alapján ismerkednek meg a témával és a tudományos kutatás módszereivel. A fenti szöveg esetében segítjük a pedagógiai transzferet a két természettudományos tantárgy, a fizika és a biológia között, fejlesztjük a természettudományos szemléletet. A jó szövegértési készség segítheti a témakör feldolgozását, s a tanulási folyamat közben visszahatva fejlesztjük a szövegértési készséget.

Javasoljuk a kollégáknak, hogy maguk is keressenek hasonló tudományos szövegeket diákjaik számára, illetve a diákok is javasolhassanak szövegeket hasonló elemzéshez. Ezek származhatnak a nyomtatott sajtóból, ismeretterjesztő folyóiratokból, de reklám-szövegeket, illetve filmeket is érdemes hasonló szempontok alapján elemezni, melyekben kutatási eredményekre hivatkoznak.

## Irodalomjegyzék

Horváth Gábor (2004): *A geometriai optika biológiai alkalmazása*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.

Korom Erzsébet (2005): *Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás*. Műszaki Kiadó, Budapest.

Nagy Lászlóné (2010): A kutatásalapú tanulás/tanítás ('inquiry-based learning/teaching', IBL) és a természettudományok tanítása. *Iskolakultúra*, 20. 12. sz. 31–51.

Patkós András (2008): Pillantás PISA-ra. *Fizikai Szemle*, 58. 25–30. <http://www.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz0801/patkos0801.html>

**Nagy Mária**  
fizika-matematika szakos BSc hallgató

**Horváth Gábor**  
az MTA doktora, habilitált egyetemi docens,  
ELTE TTK Fizikai Intézet, Biológiai Fizika  
Tanszék, Környezetoptika Laboratórium

**Radnóti Katalin**  
főiskolai tanár, ELTE TTK Fizikai Intézet,  
Anyagfizika Tanszék