

## Miskoncepce pojmov organickej chémie u absolventov základných škôl po školskej reforme na Slovensku

*Monika Mĺkva, Ľubomír Held*

### Abstrakt

Početné výskumy dokazujú, že žiaci majú mylné predstavy v mnohých oblastiach chémie a problémy s pochopením viacerých chemických pojmov. Mylné koncepcie žiakov sú pevne zakotvené v ich kognitívnych štruktúrach, sú trvácne, sú často odolné voči rôznorodým zmenám a nie je ľahké ich odstrániť. Náš článok demonštruje žiacke miskoncepce v oblasti organickej chémie. Článok prezentuje kvalitatívny výskum žiackych predstáv a vedomostí v oblasti organickej chémie realizovaný na slovenských školách. Uvádza mnohé žiacke miskoncepce a zistenia v tejto časti chémie. Predkladá tiež niekoľko odporúčaní pre elimináciu žiackych mylných predstáv v oblasti prírodných vied a pre zefektívnenie procesu ich vyučovania, ktoré by mohli zvýšiť záujem žiakov o štúdium prírodných vied a byť neoceniteľným „motorom“ ich vnútornej motivácie.

**Kľúčová slova:** organická chémia, miskoncepce, kvalitatívny výskum, prírodné vedy.

## Misconceptions of Organic Chemistry Concepts Held by Elementary Students after Slovak School Reform

### Abstract

Many research reports have proved that pupils hold misconceptions in majority of chemistry fields and have also problems to understand many of chemical concepts. Misconceptions are strongly anchored in students' cognitive structures, they are durable, resistant to change and not easy to be eradicated. Our contribution demonstrates students' misconceptions in the field of organic chemistry. It presents qualitative research of students' misconceptions and knowledge in the field of organic chemistry conducted at Slovak schools. It specifies many of students' misconceptions and findings in this area of chemistry. It also puts forward several recommendations for elimination of students' misconceptions in the field of science, for making the teaching-learning process more effective and closer to students, to increase their interest toward study of science and their intrinsic motivation.

**Key words:** organic chemistry, misconceptions, qualitative research, natural sciences.

# 1 ÚVOD

V posledných desaťročiach bolo vykonaných mnoho výskumov so zámerom zistiť, aké sú predstavy žiakov v chémii. Reprezentatívny prehľad o rôznych žiackych prekonceptoch a miskonceptoch publikovali i Doulík a Škoda (2010). Žiacke prekoncepty a mylné predstavy boli zisťované vo viacerých oblastiach chémie – vo fyzikálnej chémii, anorganickej chémii, všeobecnej chémii, elektrochémii, termodynamike, menej v organickej chémii. Do tejto oblasti smeruje aj náš príspevok. O priebežných zisteniach z našich výskumov sme referovali na konferencii v Smoleniciach (Mlčka, 2012).

Organická chémi sa všeobecne považuje za náročnú oblasť chemického vzdelávania. V protiklade so stredo európskou tradíciou sa jej vyučovanie väčšinou sústreďuje na vyššom sekundárnom stupni, kde sa predpokladá vyššia intelektová a vedomostná úroveň študentov, ktorá je daná vyšším vekom, dĺžkou vzdelávania, ale aj selekciou populácie so zámerom ďalšieho štúdia. Napriek tomu napríklad Rushton et al. (2008) v oblasti organickej chémie zistili, že stredoškólači majú v tejto oblasti chémie mylné predstavy o základných pojmoch a princípoch. Zistili, že niektoré mylné koncepcie v chémii u študentov neustále pretrvávajú, a to od začiatku vyučovania chémie.

Topal, Oral a Özden (2007) sa zaoberali pojmom aromatickosť a aromatickými zlúčeninami v organickej chémii. Výsledky ich štúdie ukázali, že študenti majú mylné predstavy o aromatických zlúčeninách. Zistili, že pojem aromatickosť je v niektorých učebniciach chémie nedostatočne, neúplne alebo nesprávne vysvetlený, a poznatky založené na tomto základnom pojme spôsobujú neskôr ďalšie miskoncepce.

Schmidt (1996) zistil, že stredoškólači majú mylné predstavy o medzimolekulových silách medzi organickými molekulami a nedokážu predvídať relatívne body varu jednoduchých organických zlúčenín. Rozvinul testové otázky, ktoré umožňujú učiteľom získať informácie o naivných predstavách svojich žiakov v tejto oblasti.

Dori a Kaberman (2012) v rámci svojej štúdie vyvinuli špeciálny počítačový program, prostredníctvom ktorého sa žiaci učili tvoriť molekulové a štruktúrne vzorce organických zlúčenín, rôzne modely organických zlúčenín, kde prechádzali z makroskopickej úrovne do mikroskopickej, neprístupnej priamemu vnímaniu. Autori dokazujú, že program pomáha žiakom lepšie pochopiť molekulárne štruktúry a väzby v organických zlúčeninách.

Szu, Nandagopal et al. (2011) skúmali faktory, ktoré ovplyvňujú výkonnosť a výsledky žiakov v organickej chémii. Výsledky ich výskumu naznačujú, že je veľmi dôležité aktívne zapájať žiakov do riešenia problémov a najrôznejších praktických úloh v tomto vednom odbore.

Salah a Dumon (2011) vo svojej štúdi zistili, že študenti majú mylné predstavy o hybridizácii orbitálov, atómových orbitáloch a molekulových orbitáloch. Podľa nich medzery v osvojení týchto pojmov môžu predstavovať prekážku pre zmysluplné pochopenie reaktivity organických zlúčenín.

Simpson (1988) odhalil, že stredoškólači majú mylné predstavy o nukleofilných substitúciách v organickej chémii. Vo svojej štúdi sa zaoberá i tým, ako túto tému efektívne vyučovať.

O dôležitosti základných chemických princípov v organickej chémii hovoria Carrette a Mayo (2011). Vo svojom výskume opisujú mylné predstavy študentov o teórii kyselín a zásad v kontexte organickej chémie.

Sadek, Brown a Wan (2011) navrhli laboratórny experiment pre výučbu základných laboratórnych techník, v rámci ktorého sa žiaci oboznámia s niektorými základnými organickými látkami a ich vlastnosťami.

Smith a Jacobs (2003) poukazujú na to, že v učebniciach organickej chémie je mnoho vedeckých omylov. Vo svojej štúdií skúmali, ako študenti používajú učebnice organickej chémie, hodnotili ich študijné návyky i samotné učebnice.

Bryan (2007) vo svojom výskume, zameranom na predstavy študentov v organickej chémii zistil, že niektoré z mylných predstáv študentov boli spôsobené nesprávnym pochopením výkladu obsahu nájdeného v ich zošitoch, zatiaľ čo ostatných sa dopúšťali učiteľia zovšeobecňovaním a zjednodušovaním výkladu. Identifikácia týchto mylných predstáv môže umožniť učiteľom, aby sa s nimi oboznámili, ale aj premýšľali o vlastných vyučovacích metódach a stratégiách.

Okrem nesprávnej (nevedeckej) žiackej interpretácie sveta (prírodných javov a zákonitostí) a jeho fungovaní, ktorú môžu žiaci nadobudnúť prostredníctvom svojich zážitkov a skúseností, môžu tiež žiacke mylné predstavy vzniknúť i na základe už spomínaného učiteľovho nedostatočného, zjednodušeného vysvetlenia určitej problematiky, ale i z postupu chemického vzdelávania, ako i zo zaužívaných modelov vzdelávania, nevedeckého používania bežných slov, zamieňania modelov a obrazov s realitou, vysvetľovaní chemických javov pomocou submikroskopickej úrovne i ďalších faktorov, ako sú metódy vzdelávania, obsah vzdelávania či učebnice chémie.

Väčšina zahraničných výskumov študuje žiacke mylné predstavy skôr z oblasti všeobecnej chémie či anorganickej chémie. Predstavy a poznatky žiakov z organickej chémie sú vo výskumoch diskutované v menšej miere, čo naznačuje aj vyššie uvedený prehľad. Môže to byť dôsledkom toho, že organická chémia sa väčšinou v zahraničí (anglosaských krajinách) začína vyučovať až na stredných školách, a to v odbornejšom kontexte. Zahraničné výskumy zamerané na organickú chémiu sú preto skôr orientované na študentov stredných a vysokých škôl, a riešia časť *chémie* zaoberajúcu sa *organickými zlúčeninami*, ich získavaním, štúdiom ich štruktúry, priebehom ich *reakcií* odbornejšie, vedeckejšie a menej popisne.

Na Slovensku, podobne ako v iných stredoeurópskych krajinách, sa organická chémia vyučuje už v počiatocnom chemickom vzdelávaní, teda na úrovni ISCED 2. V súčasnosti sa organická chémia začína vyučovať v 9. ročníku na základnej škole. Náročnosť obsahu organickej chémie je zrejme jeden z dôvodov, ktorý spôsobil jej zaradenie až na konci štvorročného chemického vzdelávacieho cyklu. Je súčasťou vzdelávacej oblasti *Človek a príroda* v Štátnom vzdelávacom programe Slovenskej republiky. V 9. ročníku na základných školách a v 4. ročníku gymnázia s osemročným štúdiom sa používa nová učebnica chémie od Vicenovej a Ganajovej (2012).

V rámci organickej chémie sa žiaci na slovenských základných školách oboznamujú s jednoduchými organickými látkami a ich charakteristikou, s väzbovosťou uhlíka a jeho schopnosťou tvoriť rôzne uhlíkové reťazce, s rozličnými uhľovodíkmi a ich základnými reakciami, s derivátmi uhľovodíkov, s prírodnými zdrojmi uhľovodíkov, s rôznymi prírodnými či umelými organickými látkami, ktoré ovplyvňujú život človeka.

Aj napriek školskej reforme, ktorá začala fungovať vo vzdelávacej sústave v Slovenskej republike od 1. 9. 2008, je výučba chémie na ZŠ viac teoretická ako praktická. V slovenských školách i naďalej prevláda deduktívny spôsob výučby chémie (prírodovedných predmetov). Kroky, ktoré boli doteraz v rámci reformy uskutočnené, mali len minimálny dopad na obsah, formy či metódy vzdelávania. Samostatná práca žiakov (realizovaná na základe predpísaných laboratórnych prác) má vo vyučovacom procese prevažne len úlohu verifikačnú, čiže overuje sa všeobecné tvrdenia, zisťujú sa vedomosti žiakov, alebo má iba doplnkový charakter. Na vyučovacích hodinách chémie absentujú: zvýšená aktivita žiakov, experimentovanie, vyjadrenie vlastných názorov či intenzívne diskusie.

Efektívne vyučovanie si však vyžaduje posun roly učiteľa z roly externej autority a jediného zdroja informácií na niekoho, kto sprístupňuje zmysel vedeckých myšlienok a zdôvodňuje ich potrebu. Toto si samozrejme tiež vyžaduje posun v role učiaceho sa z pasívneho prijímateľa informácií na aktívneho konštruktéra svojich vlastných poznatkov. Pri osvojovaní nových vedomostí preto treba klásť dôraz na samostatnú prácu žiakov, vlastné bádanie a objavovanie (konštruktivistický prístup), nielen na pasívne prijímanie hotových poznatkov.

Hoci niekoľko štúdií ukázalo, že bádateľská činnosť žiakov pozitívne ovplyvňuje záujem žiakov a motiváciu žiakov pre štúdium prírodných vied (napr. Rosenthal, 1987; Bean, 1996; Kovac, 1999). Je zvyčajne veľmi ťažké vytvoriť zaujímavú vyučovaciu hodinu s objavnými (induktívnymi) vzdelávacími postupmi poznávania prostredníctvom formálneho vzdelávania. Dôvody, ktoré túto skutočnosť sťažujú, môžu byť: nedostatok času učiteľa, materiálne, technické a metodické nedostatky školy, finančné nedostatky školy, slabá podpora vedenia školy a aj niektoré predsudky učiteľov i žiakov (strach, úzkosť, nechúť, odpor atď).

Mnohé výskumy (napr. Zoller, 1990; Shibley et al., 2010) potvrdzujú, že súčasný stav vedomostí a predstáv žiakov v problematike organickej chémie, ale i v oblasti prírodných vied je nelichotivý. Stále je nedostatok informácií o žiackom vnímaní v tejto časti chémie zaoberajúcej sa organickými zlúčeninami, preto je potrebné vykonávať aj ďalšie výskumy, ktoré by boli zamerané na predstavy a vedomosti žiakov v tejto oblasti, ale i v ostatných prírodných vedách všeobecne.

Naším príspevkom chceme prispieť k odborným štúdiám venujúcim sa žiackemu vnímaniu v oblasti organickej chémie, pričom sa zameriavame na predstavy a vedomosti žiakov slovenských základných škôl o pojmoch a javoch v tejto oblasti chémie.

## 2 CIEĽ, METÓDY A VÝSKUMNÁ VZORKA

Náš príspevok vychádza zo širšieho výskumu, ktorého cieľom bolo skvalitnenie vzdelávania v organickej chémii, s využitím konštruktivistických prístupov. Pri výskumoch tohto typu sa spravidla mapuje aktuálny stav predstáv žiakov. V našom prípade je táto úloha o to dôležitejšia, že od roku 2008 sa v slovenských školách realizuje obsahová reforma kurikula. Pracovná hypotéza vychádza z celkovej situácie sprevádzajúcej reformu, a to je:

- koncepcná nejasnosť a nepripravenosť kurikulárnych zmien,
- nezvyklá rozdrobenosť chemického vzdelávania do štyroch ročníkov pri nízkej hodinovej dotácii,
- zaradenie organickej chémie do posledného ročníka, ktorý je tradične sústredený na prechod žiakov na stredné školy, pričom sa hlavný dôraz venuje iným vyučovacím predmetom.

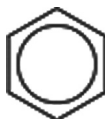
V dôsledku tejto nepriaznivej situácie a pretrvávajúcej praxe transmisívneho vzdelávania očakávame nízku úroveň zvládnutia obsahu organickej chémie žiakmi s početnými miskoncepciami. Charakter a smerovanie týchto miskoncepcií chceme popísať v našom príspevku. Hlavným cieľom nášho výskumu je odpovedať na otázku: aké miskoncepcie súvisiace s organickou chémiou budú sprevádzať absolventov základných škôl pri štúdiu na stredných školách?

Ako hlavnú výskumnú metódu zisťovania konceptov žiakov sme použili fenomenografické interview. Ako doplnkovú metódu zberu dát sme zvolili test s otvorenými

širokými otázkami. Test obsahoval 25 položiek s otvorenými otázkami (otvorené otázky s krátkou odpoveďou a otvorené otázky so širokou odpoveďou). Otázky v teste mali obdobné znenie, ako otázky v skupinovom fenomenografickom interview. Žiaci tak mali znova vysvetliť a objasniť svoje odpovede, čo prispelo k triangulácii údajov. Otázky sú koncipované veľmi široko a všeobecne, aby nenavádzali žiakov na „školské“ odpovede.

**Niektoré otázky z testu z výskumu žiackych predstáv a vedomostí o pojmoch a javoch v organickej chémii na slovenských školách:**

1. Ako vyzerá uhlík? Objasni.
2. Kde všade sa uhlík nachádza? Objasni.
3. Prečo uhlík môže tvoriť až 14 miliónov zlúčenín? Prečo je to možné? Objasni.
4. Uveď názov zlúčeniny na obrázku. Čo znamená kruh v jej vzorci? Objasni.



5. Koľko atómov vodíka je v molekule metánu? Vysvetli, ako si dospel k tomuto číslu.
6. Koľko atómov uhlíka je v molekule metánu? Vysvetli, ako si dospel k tomuto číslu.
7. Koľko elektrónov má uhlík na poslednej valenčnej vrstve? Vysvetli, ako si dospel k tomuto číslu.
8. Čo je aromatická zlúčenina? Vysvetli.
9. Ktoré zlúčeniny môžeme považovať za aromatické? Uveď príklady.
10. Koľko väzbových je uhlík v organických zlúčeninách? Vysvetli, ako si dospel k tomuto číslu.
11. Čo je fotosyntéza?
12. Čo je potrebné k tomu, aby nastala fotosyntéza?

Celkový čas na vyplnenie testu vrátane pokynov k vyplňovaniu bol 45 minút. Nahrávky interview boli prepísané a konfrontované s výsledkami testov. Dáta z testov slúžili ako komplementárne údaje k vyhodnoteniu interview. Pre zámery tohto príspevku považujeme za postačujúce kvalitatívne spracovanie výsledkov a ich „voľné prerozprávanie“ napriek tomu, že na našom pracovisku máme bohaté skúsenosti aj s veľmi sofistikovaným spracovaním kvalitatívnych výskumov (Orolínová, 2007). Validitu výskumu sme zabezpečili priamym kontaktom s účastníkmi výskumu a citovaním otázok a replík pri analýze transkriptu. Trianguláciu sme zabezpečili opätovným pýtaním sa na jav inak koncipovanými otázkami, a tiež použitím doplnkovej metódy zberu dát – testu s otvorenými otázkami.

Keďže sa organická chémia vyučuje v 9. ročníku základných škôl počas prvého i druhého polroka a deviataci majú tiež množstvo aktivít a povinností, v rámci ktorých sa pripravujú na stredné školy, realizácia výskumu v deviatych ročníkoch

základných škôl by bola časovo aj organizačne náročná a navyše bez časového odstupu od bezprostredných vzdelávacích aktivít z organickej chémie. Preto sme naše zisťovanie sústredili do „nasledujúceho školského roka.“ Dostupnú výskumnú vzorku tvorili žiaci „nasledujúcich“, teda prvých ročníkov stredných škôl v trnavskom kraji. Bolo vykonaných 8 fenomenografických skupinových interview, každého skupinového interview sa zúčastnilo 8 žiakov, celkom sa zúčastnilo 64 žiakov, z toho 31 dievčat a 33 chlapcov. Priemerný vek respondentov bol 15,7 rokov. Skupinové interview bolo pološtruktúrované a trvalo asi 40 minút.

Výskum bol realizovaný na začiatku školského roka na štyroch gymnáziách a štyroch stredných odborných školách v trnavskom kraji, čo približne zodpovedá zloženiu základného súboru žiakov základných škôl. Nepredpokladáme vplyv strednej školy na predstavy a vedomosti žiakov napriek tomu, v záujme dôveryhodnosti uvádzame zoznam zúčastnených škôl:

1. Gymnázium Angely Merici, Trnava
2. Gymnázium Pierra de Coubertina, Piešťany
3. Gymnázium Ivana Kupca, Hlohovec
4. Gymnázium Jána Baltazára Magina, Vrbové
5. Stredná odborná škola, odbor kozmetička – vizážistka, Vrbové
6. Stredná odborná škola, odbor floristika, Rakovice
7. Stredná odborná škola, odbor kuchár – čašník, Piešťany
8. Stredná odborná škola, odbor technika a prevádzka dopravy, Trnava

### 3 VÝSLEDKY VÝSKUMU

Analýza získaných dát potvrdzujú, že absolventi základných škôl nenapĺňajú dostatočne projektované vzdelávacie ciele z oblasti organickej chémie. „Chemické“ predstavy žiakov sú zaťažené mnohými miskoncepciami. Nižšie v texte uvádzame dominantné žiacke miskoncepcie a zistenia, ktoré vyplynuli z analýzy empirického materiálu.

Organické látky žiaci opisovali hlavne pomocou atribútov a charakteristík zmyslového vnímania, na základe svojich predchádzajúcich skúseností, len veľmi ojedinele žiaci opisovali látky prostredníctvom ich zloženia a existujúcich vzťahov medzi atómami v molekulách a väzieb medzi nimi. I pri vzájomnej komparácii dvoch jednoduchých látok, cukru a soli, žiaci opisovali rozdiely medzi nimi výhradne sensoricky (perceptuálne), bez uvedomenia si časticového zloženia látok a existencie mikrosveta:

„...cukor je sladký, soľ je slaná...“

„...kryštály soli sú menšie ako kryštály cukru...“

„...soľ je belšia ako cukor...“

„...soľ je jemnejšia ako cukor...“

„...cukor je zdravší ako soľ...“

- Pri otázke Ako vyzerá uhlík? zostali viacerí žiaci zaskočení. Niektorí z nich si vôbec nevedeli uhlík predstaviť a iní si tento nekovový prvok predstavovali ako „niečo“ čierne, červené či žeravé, ako plyn či uhlie.
- Niektorí žiaci mali problém s určením väzbovosti atómov v molekulách organických zlúčenín. V niektorých prípadoch väzbovosť uhlíka a ďalších prvkov v organických zlúčeninách iba intuitívne odhadovali.
  - „... uhlík je 6-väzbový...“
  - „... uhlík je 3-väzbový...“
  - „... uhlík môže mať nekonečne veľa väzieb...“
- Väčšina žiakov „vníma“, že v organických zlúčeninách majú uhlíkové atómy schopnosť tvoriť väzby s inými atómami a tiež medzi sebou, že väzby medzi atómami uhlíka môžu byť jednoduché i násobné, a tiež že existujú i cyklické uhľovodíky, ale ich zdôvodnenia a predstavy boli v tomto smere značne naivné a skreslené. Pri zdôvodňovaní a znázorňovaní väzieb uhlíka s inými prvkami mnohí žiaci zabúdali na počet väzieb, ktoré môžu atómy vytvoriť a jednotlivé chemické prvky medzi sebou nezmyselne spájali, čo len potvrdzovalo, že s aplikáciou školou prezentovaných poznatkov majú značné problémy.
  - „... v uhľovodíkoch nemôže byť štvoritá väzba, lebo uhlík by už nemohol nič prijímať...“
  - „... záleží to od elektronegativity daných prvkov, jaké tam budú väzby, či jednoduchá alebo tie dvojité...“
  - „... cyklické uhľovodíky sú také, ktoré sa opakujú...“
  - „... uhlík sa môže viazať s viacerými uhlíkmi, lebo uhlík je viacúčelový...“
  - „... pri viazaní uhlíkov môžu vzniknúť viaceré tvary, napríklad tvar oxidu uhličitého...“
- Predstavy žiakov o priestorovom usporiadaní organických látok sú značne skreslené. Väčšina z nich nemala žiadne alebo len mylné predstavy o priestorovom rozložení väzieb v molekulách uhľovodíkov. Priestorový tvar molekúl organických zlúčenín a priestorové rozloženie väzieb v molekulách organických zlúčenín si niektorí žiaci predstavovali prostredníctvom ich štruktúrnych vzorcov a prezentácie ich predstáv boli prevažne dvojrozmerné.
- V chémii sú základnými informačnými jednotkami symboly, vzorce a názvy prvkov a zlúčenín. Niektorí žiaci mali problémy s „čítaním“ značiek chemických prvkov i vzorcov organických zlúčenín, nevedeli, čo niektoré chemické symboly a vzorce znamenajú a tiež ako ich majú interpretovať.
  - „... O<sub>2</sub> sú dve molekuly kyslíka, O je kyslík a dvojka je počet molekúl...“
  - „... O<sub>2</sub> je voda...“
  - „... uhlík má značku U...“
  - „... C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> je acetón...“
  - „... CH<sub>2</sub>=CH<sub>2</sub> je bután...“
- Väčšina žiakov s veľkými ťažkosťami objasňovala pojem štruktúrny vzorec. Viaceré vyjadrenia žiakov ukázali, že nemajú ujasnené základné chemické

pojmy a mnohé chemické pojmy sa učia naspamäť, bez hlbšieho pochopenia súvislostí. Mnohí žiaci nevedeli, čo daný pojem znamená, a aj keď niektorí odpovedali správne, štruktúrne vzorce organických zlúčenín nevedeli znázorniť, alebo ich zaznačili chybné.

„... štruktúrny vzorec znázorňuje štruktúru väzieb v atóme...“

„... štruktúrny vzorec určuje počet väzieb v prvku...“

„... štruktúrny vzorec je rozložený vzorec prvkov a molekúl...“

„... štruktúrny vzorec vyjadruje postavenie látok v molekule...“

„... štruktúrny vzorec znázorňuje počet prvkov v prvku...“

- Žiaci v mnohých svojich vyjadreniach nerozlišovali medzi základnými chemickými pojmami ako atóm, molekula či zlúčenina. V spomínaných základných chemických pojmoch mali žiaci značný zmatok. Väčšina žiakov nevedela, aký chemický dej je chemická reakcia, za chemickú reakciu považovali spôsoby oddeľovania zložiek zmesí, či fyzikálno-chemický proces rozpúšťanie.

„... uhlík je zlúčenina...“

„... O<sub>2</sub> je molekula vody...“

„... síra je žltá zlúčenina...“

„... destilácia je chemická reakcia, kde sa oddelí alkohol od pôvodnej zmesi...“

„... pri chemických reakciách sa mení tvar, skupenstvo, chuť, farba a podobne...“

„... sladenie kávy je chemická reakcia, lebo pridaním cukru vzniká sladká káva...“

„... keď sladíme kávu prebieha chemická reakcia, lebo čiastočky cukru sa rozkladajú v horúcej vode...“

- Mnohí žiaci poznali základné, najjednoduchšie a niektoré známe organické zlúčeniny, ale len niektorí vedeli uviesť aj ich vlastnosti či využitie. Skoro polovica žiakov nepoznala vlastnosti základných organických zlúčenín, alebo si ich zamieňala, či mylne vysvetľovala.

„... etanol je plyn...“

„... etanol je rozpustný vo vode, pretože má menšiu schopnosť pútať si elektróny chemickej väzby...“

„... benzén je zelený plyn a dobré rozpúšťadlo...“

„... benzén sa používa v domácnosti na dezinfekciu rán...“

„... metán je štiplavý plyn...“

„... etán je kvapalina v benzíne...“

„... acetón je smrteľne jedovatý plyn...“

„... benzín sa skladá z ropy...“

„... benzín má v sebe cukor...“

„... benzín obsahuje oxid uhličitý...“

„... uhlie je živočíšny produkt...“



- Pojem nasýtená zlúčenina nechápu žiaci ako zlúčeninu obsahujúcu iba jednoduché väzby medzi atómami uhlíka a pojem nenasýtená zlúčenina ako zlúčeninu obsahujúcu násobné väzby (dvojité, trojité) medzi atómami uhlíka, ale si ich spájajú a objasňujú ich prostredníctvom definície pre nasýtený a nenasýtený roztok, ktorá je však tiež mylná, nekompletná a nesúvislá.

„... nasýtená zlúčenina už viac nemôže prijať iné látky, nenasýtená zlúčenina môže prijímať iné látky...“

„... nasýtené zlúčeniny už nepohlcujú látky, nenasýtené stále pohlcujú látky...“

„... nasýtené zlúčeniny sú také, ktoré nemôžu prijať viac tukov...“

„... nasýtené zlúčeniny už nemôžu prijímať ďalšie sypké látky, lebo už sú nasýtené, to je keď rozpúšťame cukor...“

- Žiaci chápu nesprávne pojem aromatická zlúčenina, pojem si vôbec nespájajú so štruktúrou zlúčeniny a konjugovanými dvojitými väzbami. Odlišujú aromatické zlúčeniny od ostatných zlúčenín iba podľa vône, alebo naopak podľa zápachu.

„... aromatická zlúčenina nemusí len voňať, ale aj smrdieť...“

„... aromatická zlúčenina vylučuje vonnú látku zo seba...“

„... aromatickú zlúčeninu môžeme cítiť...“

„... aromatická zlúčenina je benzín...“

Žiaci tiež neregistrovali rozdiel medzi molekulou cyklohexánu a benzénu, či benzén zaradovali do skupiny cykloalkánov. Väčšina žiakov nevedela vysvetliť, čo znamená kruh v štruktúrnom vzorci benzénu. Aj keď niektorí žiaci pomenovali kruh v štruktúrnom vzorci najjednoduchšieho arénu ako benzénové jadro, ale bližšie tento termín nevedeli špecifikovať a objasniť. Iní žiaci si mysleli, že kruh v štruktúrnom vzorci benzénu predstavuje určitý uzavretý cyklus či dôkaz 6-prvkovej zlúčeniny alebo že je v ňom ukryté benzénové jadro či si kruh predstavovali ako nejaký obal tejto aromatickej zlúčeniny.

- Žiaci mali tiež problém uviesť príklady nebezpečných, zdraviu škodlivých organických zlúčenín. V mnohých výpovediach si organické zlúčeniny zamieňali za zlúčeniny anorganické (CO, CO<sub>2</sub>, HCN, KCN, HCl), či za bakteriálne ochorenie (anthrax) alebo mali o účinkoch niektorých organických zlúčenín mylné predstavy. Niektorí žiaci si tiež zamieňali uhľovodíky s derivátmi uhľovodíkov.
- Žiaci mali značný zmätok a mnohé miskoncepce i v enviromentálnych otázkach. Niektorí si zamieňali ozónovú dieru so skleníkovým efektom či nepoznali zlúčeniny, ktoré tieto javy podporujú. Žiaci si boli vedomí rozsahu enviromentálnych problémov, ale len nejasne si ich spájali s konkrétnymi dôvodmi a s konkrétnymi dôsledkami. Ozónovú dieru si žiaci predstavujú skutočne ako dieru v atmosfére a nie ako oblasť stratosféry s oslabenou vrstvou ozónu.
- Väčšina žiakov sa domnievala, že freóny sú nebezpečné a škodlivé vo vyšších vrstvách zemskej atmosféry, pretože v týchto vrstvách môžu reagovať s ozónom. Keďže sa ozón, podľa nich, v najnižšej vrstve zemskej atmosféry nenachádza, freóny s ním nemôžu reagovať, a preto nie sú v troposfére nebezpečné. Žiaci si vôbec neuvedomovali, že so stúpajúcou nadmorskou výškou sa v jednotlivých vrstvách atmosféry mení teplota, atmosférický tlak a tiež chemické

zloženie zemskej atmosféry, čo môže rôzne ovplyvniť vlastnosti mnohých chemických zlúčenín či ich reakcie v jednotlivých častiach atmosféry.

- O procese fotosyntézy mali žiaci množstvo alternatívnych predstáv, ktoré boli v rozpore s vedeckými predstavami. Žiaci si mysleli, že fotosyntéza poskytuje rastlinám energiu, veľa žiakov si myslelo, že svetlo je pre rastlinu dôležitá živina, a že je to reakčné činidlo fotosyntézy, bez ktorého by fotosyntéza nemohla prebiehať. Väčšina žiakov si myslela, že rastliny získajú energiu potrebnú na všetky ich životné procesy priamo zo Slnka alebo z prostredia – z pôdy, vody, či dokonca z oxidu uhličitého.

## 4 DISKUSIA A POROVNANIE SO ZAHRANIČNÝMI VÝSKUMAMI

Výsledky nami realizovaného výskumu potvrdili, že žiaci-absolventi základných škôl majú z organickej chémie množstvo mylných predstáv: o aromatickosti, o väzbách a molekulových štruktúrach v organickej chémii, o fotosyntéze, ale i o vlastnostiach organických zlúčenín. Zdá sa, že tu popísané miskoncepce sú len vrcholom ľadovca, ktorého podstatná časť nám zostáva skrytá. Pokúsime sa preto o možných príčinách tohto stavu pouvažovať aj využitím informácií zo zahraničných výskumov.

Viaceré výpovede žiakov ukazujú, že žiaci nemajú jasno v základných chemických pojmoch – atóm, molekula, chemický prvok, chemická zlúčenina, chemická látka, chemická reakcia, chemické zloženie, chemická štruktúra a tiež nechápu mnohé ďalšie chemické pojmy a javy. Driverová (1989) zdôrazňuje, že tieto pojmy sú kľúčové v chémii i submikroskopickom svete a ich zmysluplné pochopenie je veľmi dôležité pre ďalšie vzdelávanie v chémii. Ich nedostatočné chápanie podporuje u žiakov mylné predstavy v rôznych oblastiach chémie. Podobné zistenie uvádzajú aj ďalšie štúdie (McDermott, 1984; Shibley et al., 2010; Cartrette, Mayo, 2011 a i.), ktoré potvrdzujú, že jedným z hlavných dôvodov miskonceptí v chémii, je nedostatočné a nesprávne pochopenie predchádzajúcich poznatkov.

Analýza získaných dát a mnohé výpovede žiakov ukázali, že žiaci sa mechanicky učia mnohé organické pojmy, ale hlbší zmysel a súvislosti v získaných poznatkoch nemajú. Aj keď žiaci vedeli vymenovať niektoré vlastnosti organických zlúčenín či chemické pojmy a javy z organickej chémie alebo z chémie všeobecne, mnohokrát nevedeli vyslovené pojmy vysvetliť, či si spojiť dané pojmy s inými pojmi a témami, a uviesť medzi nimi súvislosti či logické prepojenia. Žiaci tiež často nevedeli mnohé chemické pojmy a teórie správne aplikovať v praktických otázkach či prepojiť teoretické poznatky s informáciami z praxe.

Možnou príčinou uvedeného stavu môže byť, podľa Holeca a kol. (2010), v školách stále prevládajúci deduktívny spôsob výučby, i napriek realizácii školskej reformy v roku 2008, ale i zotrvačnosť, nielen učiteľov chémie, pri dodržiavaní transmisívnych prístupov k vyučovaniu či používanie učebníc a učebných materiálov, kde prevládajú informácie teoretického charakteru bez dôrazu na praktické uplatnenie zákonov prírody v bežnom živote a praxi. Aj napriek školskej reforme, ktorá začala fungovať vo vzdelávacej sústave v Slovenskej republike od 1. 9. 2008 na všetkých stupňoch a typoch škôl, učebnice chémie obsahujú prevažne úlohy na mechanické opakovanie fráz používaných v učebnici alebo na vyhľadávanie ďalších informácií. Učebnice neobsahujú bádateľské aktivity či problémové úlohy, prostredníctvom ktorých by si žiaci rozvíjali vyššie kognitívne procesy a overovali správnosť pochopenia chemických pojmov a javov či využívali svoje vedomosti v rôznych praktických úlohách.

Bean (1996) a Kovac (1999) zdôrazňujú, že pre organickú chémiu, ale i iné prírodné vedy, je dôležité používanie interaktívnych metód, ktoré podporujú rozvoj logického a kritického myslenia, rozvoj osobnosti či schopnosť riešiť problémy a tiež zvyšujú záujem o chemické (prírodovedné) vzdelávanie. Lynch a Trujillo (2011) v tomto smere vyzdvihujú dôležitosť efektívnych vyučovacích stratégií pre zmysluplné osvojenie si daného učiva, ale i motiváciu učiteľov chémie vo vyučovacom procese. Podľa Rosenthala (1987) je z hľadiska motivácie žiakov i pre ďalšie štúdium prírodných vied dôležité experimentovanie – žiaci musia experiment „zažiť“, čo značne napomáha k zmysluplnejšiemu pochopeniu obsahu chémie i iných prírodných vied.

V súčasnosti sa, podľa Holeca a kol. (2010), na slovenských školách, vo všetkých prírodovedných predmetoch, len vo veľmi malej miere využívajú experimentálne činnosti rôzneho typu. Ak majú žiaci skúsenosti s uskutočňovaním experimentov, vo väčšine prípadov ide najmä o demonštračné experimenty, ktoré realizuje sám učiteľ. Žiacke experimenty sú na slovenských školách skôr výnimkou.

Organické zlúčeniny a ich vlastnosti žiaci zväčša opisovali perceptuálne, na základe svojich predchádzajúcich laických skúseností, alebo len intuitívne, bez racionálneho premýšľania a tiež bez uvedomenia si časticového zloženia látok a existujúcich vzťahov medzi atómami v organických zlúčeninách a väzieb medzi nimi. Žiaci „videli“ len minimálne súvislosti medzi zložením a priestorovým usporiadaním molekúl organických zlúčenín a ich vlastnosťami.

Z mnohých žiackych výpovedí bolo zjavné, že žiaci vnímajú svet, kde prebiehajú rôzne udalosti a procesy, v makroskopickom rozsahu, neuvedomujú si existenciu mikrosveta, dejov a skrytých mechanizmov či chemických procesov, ktoré prebiehajú medzi časticami v mikrosvete. Žiaci sa riadia a fungujú v makroskopickom svete hmoty a je pre nich ťažké robiť presuny medzi makroskopickým a mikroskopickým pohľadom na hmotu. Tieto zistenia sú v súlade i s ďalšími medzinárodnými štúdiami, ktoré dokazujú, že „abstraktno“, ktoré nie je prístupné priamemu zmyslovému poznávaniu, si nevedia žiaci predstaviť a majú problém „presunúť“ svoje uvažovanie z makrosveta do oblasti mikrosveta (Ben-Zvi et al., 1986; Mohan et al., 2009; Kruse, Roehrig, 2005; Tan, Taber, 2009).

Mnohí žiaci mali mylné predstavy o väzbovosti atómov v organických molekulách i o spôsobe viazania atómov v organických zlúčeninách. Taktiež mali skreslené predstavy o priestorovom usporiadaní atómov a väzieb v organických zlúčeninách či silovom pôsobení medzi atómami a väzbami v štruktúre organických zlúčenín. Väčšina žiakov vôbec nevnímala molekuly organických zlúčenín priestorovo a neuvedomovala si pri ich štruktúre tretí rozmer.

Mnohé štúdie na zlepšenie tejto problematiky (Dori, Kaberman, 2012; Lou et al., 2012; Box, 2011) odporúčajú používať na vyučovacích hodinách organickej chémie konkrétne modely molekúl organických zlúčenín a špeciálne počítačové programy, počítačové animácie či audiovizuálne pomôcky, zamerané na modelovanie organických molekúl. Tieto pomôcky a programy, podľa spomínaných štúdií, u žiakov zlepšujú chápanie molekulárnej podstaty hmoty, molekulárnych štruktúr organických zlúčenín a vzťahov vo vnútri ich molekúl, pochopenie niektorých pojmov z organickej chémie či reakčných mechanizmov organických zlúčenín a tiež rozvíjajú priestorovú predstavivosť. Podľa Stullu et al. (2012) konkrétne modely organických zlúčenín či špeciálne počítačové programy, zamerané na modelovanie organických molekúl a práca s nimi, podporujú schopnosť vizualizácie a nahrádzajú zložité žiacke mentálne procesy, čo vplýva na hlbšie pochopenie štruktúry organických molekúl. Pursell (2009) v tomto smere navrhuje namiesto počítačov, ktoré nie

sú v niektorých školách dostupné, využívať tiež papierové kartičky alebo mobilné telefóny.

V prírodovedných predmetoch, teda i v organickej chémii, je vysoká miera abstrakcie a zovšeobecňovania. Mnoho javov a pojmov z organickej chémie nie je prístupných priamemu zmyslovému poznávaniu. Mnohé organické pojmy boli pre žiakov veľmi abstraktné, žiaci mnohé organické pojmy nevedeli vysvetliť či použiť pri objasňovaní určitých javov z organickej chémie.

Reddish (1994), Christian a Talanquer (2012) uvádzajú, že vzhľadom k abstraktnej povahe organickej chémie je dôležité, aby žiaci využívali, podľa Piagetovho modelu kognitívneho vývinu, myslenie dané pre štádium formálnych operácií. Bunce a Hutchinson (1993) v tomto kontexte zistili, že žiaci, ktorí využívajú formálne myslenie majú väčší úspech v organickej chémii, i v chémii všeobecne, a hlbšie rozumejú chemickým pojmom a javom ako žiaci, ktorí uvažujú len v štádiu konkrétnych operácií. Zoller (1993) odporúča pri vyučovaní prírodovedných predmetov používať interaktívne vzdelávacie metódy, ktoré, podľa neho, rozvíjajú vyššie úrovne myslenia ako tradičné vzdelávacie metódy, ktoré kladú dôraz na nižšie kognitívne spôsobilosti.

Žiaci používali na objasnenie organických pojmov a javov mnohé pojmy, zákonitosti a vysvetlenia zo všeobecnej či anorganickej chémie (chemická väzba, nasýtený roztok, hustota, emulzia, rozpúšťadlo, elektronegativita a i.), pričom mnohým pojmom a zákonitostiam z daných vedných odborov nedostatočne rozumeli a nemali medzi nimi hlbšie súvislosti. Pri vysvetľovaní mnohých organických pojmov a javov bola u žiakov zjavná konceptuálna zmätenosť, nesúvislé a nevedecké vyjadrovanie a celková dezorientácia v chemických poznatkoch a ich vzájomných vzťahoch.

Francisco et al. (1998) odporúča v tomto smere využívať na hodinách chémie skupinové diskusie, ktoré, podľa neho, zlepšujú slovné vyjadrenia a celkové komunikatívne schopnosti a tiež porozumenie danému učivu a chemickým pojmom. Lopez et al. (2011) navrhuje používať vo vyučovaní organickej chémie pojmové mapy nielen na diagnostiku žiackych miskoncepcií, ale i na štrukturáciu a opakovanie učiva, čo vedie k zmysluplnejšiemu pochopeniu organických pojmov a ich vzájomných vzťahov.

Barber a Mourshed (2007) tvrdia, že v problematike žiackych mylných predstáv v chémii je nutná produkcia vysoko skúsených učiteľov s úplným pochopením obsahu základných chemických pojmov, aby sa vytvoril kvalitný vzdelávací systém, ktorý slúži potrebám žiakov. Kvalitní učitelia majú významný vplyv na úspech vzdelávacích systémov (Barber, Mourshed, 2007) a tiež na akademickú úspešnosť žiakov (Sanders, Rivers, 1996).

S cieľom riešiť problém žiackych miskoncepcií v chémii, musia byť, podľa Sheehanovej et al. (2011), učitelia pripravení využívať výsledky výskumov o chemických miskoncepciách v praxi a snažiť sa, prostredníctvom nich, miskoncepce eliminovať a odstraňovať. Učitelia musia taktiež dôkladne rozumieť základným pojmom v chémii a mať relatívne málo mylných predstáv.

Štúdia Sheehan, Childs (2011) naznačuje, že vzdelávacie systémy v mnohých krajinách nepodporujú znižovanie mylných predstáv v chémii a konceptuálnu zmenu v kognitívnych štruktúrach žiakov. Vzdelávacie systémy tak produkujú žiakov s vysokým počtom mylných predstáv v chémii a s nízkym pochopením pojmov. Sheehanová a Childs (2011) tiež zistili, že je možné u žiakov zvýšiť úroveň kognitívnych schopností a znížiť počet mylných predstáv v chémii pomocou starostlivo navrhnutých vzdelávacích stratégií a vzdelávacích programov.

V rámci diskusie sumarizujeme spomínané odporúčania a pridávame i ďalšie zlepšenia, ktoré navrhli viacerí výskumníci pre elimináciu žiackych mylných predstáv

v oblasti prírodných vied a pre zefektívnenie procesu ich vyučovania, v niektorých bodoch adresnejšie v oblasti organickej chémie:

- používať interaktívne metódy a experimentovanie, ktoré podporuje rozvoj logického a kritického myslenia, rozvoj osobnosti či schopnosť riešiť problémy a tiež zvyšujú záujem o chemické (prírodovedné) vzdelávanie (Bean, 1996; Rosenthal, 1987),
- zabezpečiť, pri aplikácii inovatívnych prístupov a metód vo vzdelávaní prírodovedných predmetov, rozvíjaní kľúčových kompetencií a vedeckých zručností u žiakov – materiálne, technické a metodické zabezpečenie škôl (Lim et al., 2011),
- oboznamovať žiakov zmysluplne so značnými súvislosťami so základnými chemickými (prírodovednými) pojmami a javmi, aby sa zamedzilo zbytočným žiackym alternatívnym predstavám v oblasti prírodných vied (Shibley et al., 2010),
- používať na vyučovacích hodinách organickej chémie konkrétne modely molekúl organických zlúčenín a špeciálne počítačové programy, počítačové animácie či audiovizuálne pomôcky, zamerané na modelovanie organických molekúl (Dori, Kaberma, 2012),
- vzhľadom k abstraktnej povahe organickej chémie využívať a u žiakov rozvíjať, podľa Piagetovho modelu kognitívneho vývinu, myslenie dané pre štádium formálnych operácií (Christian, Talanquer, 2012),
- využívať na hodinách chémie skupinové diskusie, ktoré zlepšujú slovné vyjadrenia a celkové komunikatívne schopnosti a tiež porozumenie danému učivu a chemickým pojmom (Francisco et al., 1998),
- organizovať dlhodobé kurzy pre budúcich i praktizujúcich učiteľov prírodovedných predmetov pre aplikáciu inovatívnych vzdelávacích stratégií a medzipredmetových vzťahov a väzieb vo vyučovaní prírodovedných predmetov (Loverude et al., 2011),
- produkovať vysoko skúsených učiteľov s úplným pochopením obsahu základných chemických pojmov, aby sa vytvoril kvalitný vzdelávací systém, ktorý slúži potrebám žiakov (Barber, Mourshed, 2007),
- využívať výsledky výskumov o žiackych miskoncepciách v oblasti prírodných vied v praxi a snažiť sa, prostredníctvom nich, žiacke miskoncepcie eliminovať a odstraňovať (Sheehan et al., 2011),
- oboznamovať deti už v predškolskom veku s vedeckým (t.j. primerane objektívnym) poznávaním sveta, v ktorom žijú a to ekvivalentne ich úrovni myslenia. Učiť deti premýšľať nad realitou tak, aby si postupne osvojovali indukčný postup poznávania, ktorý prispieva k rozvíjaniu prírodovednej gramotnosti, logického myslenia či zručností vedeckej práce a komunikácie (Žoldošová, 2006).

## 5 ZÁVER

V uskutočnenom výskume predstáv a vedomostí absolventov základných škôl o pojmoch a javoch v organickej chémii sme identifikovali určité zistenia, ktoré stručne rekapitulujeme do krátkej a prehľadnej podoby:

- absolventi základných škôl, ktorí sa podieľali na výskume, majú množstvo mylných predstáv z organickej chémie: o aromatickosti, o väzbách a molekulových štruktúrach v organickej chémii, o fotosyntéze i o vlastnostiach organických zlúčenín,
- organická chémia je považovaná žiakmi za náročný vyučovací predmet – obsahuje veľa abstraktných pojmov, má veľký rozsah a náročný obsah jednotlivých kapitol,
- žiaci sa učia mnohé organické pojmy naspamäť bez hlbšieho pochopenia a súvislostí,
- žiaci nemajú jasno v základných chemických pojmoch – atóm, molekula, chemický prvok, chemická zlúčenina, chemická látka, chemická reakcia, chemické zloženie, chemická štruktúra,
- žiaci nevedia pojmy a javy v organickej chémii, ale i v chémii všeobecne prepojiť s informáciami z praxe,
- žiakom robí problémy vyjadrovať sa súvisle a zmysluplne,
- žiaci „fungujú“ v makroskopickom svete hmoty a je pre nich ťažké robiť presuny medzi makroskopickým a mikroskopickým pohľadom na hmotu,
- žiaci nevnímajú molekuly organických zlúčenín priestorovo a neuvedomujú si pri ich štruktúre tretí rozmer,
- žiaci majú zmätok vo viacerých organických pojmoch a pomocou nich nevedia vysvetliť mnohé chemické javy.

V diskusii sme v súvislosti s u nás identifikovanými problémami vo vzdelávaní v oblasti organickej chémie ponúkli prehľad rôznych zväčša zahraničných odporúčaní a zlepšení vyučovania prírodných vied (v niektorých prípadoch adresnejšie organickej chémie), ktoré môžu žiakom pomôcť zmysluplnejšie pochopiť mnohé prírodovedné pojmy a javy a uviesť medzi nimi súvislosti, či prepojiť teoretické poznatky s informáciami z praxe.

Dúfame, že zistené údaje, charakterizujúce stav vyučovania organickej chémie v podmienkach slovenského školského systému, pomôžu nám, ďalším výskumníkom i pedagogickej verejnosti vnímať a následne riešiť problémy chemického vzdelávania.

## LITERATURA

BARBER, M., MOURSHED, M. *How the world's best-performing school systems come out on top*. New York : McKinsey & Co., 2007, 56 p.

Dostupné na: [http://mckinseyonsociety.com/downloads/reports/Education/Worlds\\_School\\_Systems\\_Final.pdf](http://mckinseyonsociety.com/downloads/reports/Education/Worlds_School_Systems_Final.pdf)

BEAN, J. C. *Engaging ideas: The Professor's guide to integrating writing, critical thinking and active learning in the classroom*. Seattle : Jossey-Bass, Seattle University, 1996, 320 p.

BEN-ZVI, R., EYLON, B., SILBERSTEIN, J. Is an atom of copper malleable? *Journal of chemical education*, 1986, vol. 63, no. 1, p. 64–66.

- BOX, V. G. S. Using molecular modeling to understand some of the more subtle aspects of aromaticity and antiaromaticity. *Journal of Chemical Education*, 2011, vol. 88, no. 7, p. 898–906.
- BRYAN, L. CH. H. *Identifying Students' Misconceptions in 'A-Level' Organic Chemistry*. Innova Junior College, 2007.  
Dostupné na: <http://conference.nie.edu.sg/2007/paper/papers/SCI352.pdf>
- BUNCE, D. M., HUTCHINSON, K. D. The use of the GALT (Group Assessment of Logical Thinking) as a predictor of academic success in college chemistry. *Journal of Chemical Education*, 1993, vol. 70, p. 183–187.
- CARTRETTE, D. P., MAYO, P. M. Students' understandings of acids/bases in organic chemistry contexts. *Chemistry Education Research and Practice*, 2011, vol. 12, p. 29–39.
- DORI, Y. J., KABERMAN, Z. Assessing high school chemistry students' modeling sub-skills in a computerized molecular modeling learning environment. *Instructional Science*. 2012, vol. 40, p. 69–91.
- DRIVER, R. Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 1989, vol. 11, p. 481–490.
- FRANCISCO, J. S., NICOLL, G., TRAUTMANN, M. Integrating multiple teaching methods into a general chemistry classroom. *Journal Chemical Education*, 1998, vol. 75, p. 210–213.
- HOLEC, S., KMEŤOVÁ, J., SPODNIAKOVÁ PFEFFEROVÁ, M., RAGANOVÁ, J., HRUŠKA, M. *Testovanie prírodovednej gramotnosti PISA 2006*. Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela, Banská Bystrica, 2010, s. 59–69.
- CHRISTIAN, K., TALANQUER, V. Modes of reasoning in self-initiated study groups in chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 2012, vol. 13, no. 3, p. 286–295.
- KOVAC, J. Student Active learning methods in General Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 1999, vol. 76, p. 120.
- KRUSE, R. A., ROEHRIG, G. H. A Comparison Study: Assessing Teachers' Conceptions with the Chemistry Concepts Inventory. *Journal of chemical education*, 2005, vol. 82, no. 8, p. 1 246–1 250.
- LIM, Ch., TAY, L., HEDBERG, J. Employing an Activity-Theoretical Perspective to Localize an Educational Innovation in an Elementary School. *Journal of Educational Computing Research*, 2011, vol. 44, no. 3, p. 319–344.
- LOPEZ, E., NANDAGOPAL, K., CARDIN, N., SHAVELSON, R. J., PENN, J. H. Validating the use of concept-mapping as a diagnostic assessment tool in organic chemistry: implications for teaching. *Chemistry Education Research and Practice*, 2011, vol. 12, no. 2, p. 133–141.
- LOU, S., LIN, H., SHIH, R., TSENG, K. Improving the effectiveness of organic chemistry experiments through multimedia teaching materials for junior high school students. *Turkish Online Journal of Educational Technology – TOJET*, 2012, vol. 11, no. 2, p. 135–141.

- LOVERUDE, M. E., GONZALEZ, B. L., NANES, R. Inquiry-Based Course in Physics and Chemistry for Preservice K-8 Teachers. *Physical Review Special Topics: Physics Education Research*, 2011, vol. 7, no. 1.
- LYNCH, D. J., TRUJILLO, H. Motivational Beliefs and Learning Strategies in Organic Chemistry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2011, vol. 9, no. 6, p. 1 351–1 365.
- McDERMOTT, L. Research on Conceptual Understanding in Mechanics. *Physics Today*, 1984, vol. 37, p. 4–32.
- MĹKVA, M. Miskoncepce žiakov v organickej chémii. In *Aktuálne trendy vo vyučovaní prírodných vied. Zborník z medzinárodnej konferencie Smolenice 15.–17. október 2012*. Trnava : Trnavská univerzita v Trnave, Pedagogická fakulta, 2012, s. 66–72.
- MOHAN, L., CHEN, J., ANDERSON, Ch. W. Developing a multi-year learning progression for carbon cycling in socio-ecological systems. *Journal of Research in Science Teaching*, 2009, vol. 46, no. 6, p. 675–698.
- OROLÍNOVÁ, M. Skúsenosti z uplatnenia zakotvenej teórie pri skúmaní detských a laických interpretácií javov. *Acta Fac. Paed. Univ. Tyrnaviensis, Ser. D*, 2004, č. 8, s. 75–85.
- ROSENTHAL, L. C. Writing across the curriculum: Chemistry lab reports. *Journal of Chemical Education*, 1987, vol. 64, p. 996–998.
- PURSELL, D. P. Adapting to student learning styles: engaging students with cell phone technology in organic chemistry instruction. *Journal of Chemical Education*, 2009, vol. 86, no. 10, p. 1 219–1 222.
- REDISH, E. F. The implications of cognitive studies for teaching physics. *American Journal of Physics*, 1994, vol. 62, no. 6, p. 796–803.
- RUSHTON, G. T., HARDY, R. C., GWALTNEY, K. P., LEWIS, S. E. Alternative conceptions of organic chemistry topics among fourth year chemistry students. *Chemistry Education Research and Practice*, 2008, vol. 9, no. 2, p. 122–130.
- SADEK, C. M., BROWN, B. A., WAN, H. A cost-effective two-part experiment for teaching introductory organic chemistry techniques. *Journal of Chemical Education*, 2011, vol. 88, no. 10, p. 1 431–1 433.
- SALAH, H., DUMON, A. Conceptual integration of hybridization by algerian students intending to teach physical sciences. *Chemistry Education Research and Practice*, 2011, vol. 12, no. 4, p. 443–453.
- SANDERS, W. L., RIVERS, J. C. *Research Project Report: Cumulative and Residual Effects of Teachers on Future Student Academic Achievement*. Knoxville : University of Tennessee Value-Added Research and Assessment Center.
- SHEEHAN, M., CHILDS, P. E. ITS chemistry! An intervention programme aimed at developing thinking skills in chemistry. Paper presented at European Science Education Research Association (ESERA) conference, Lyon, France, Strand 2, available online at: ([http://lsg.ucy.ac.cy/esera/e\\_book/base/ebook/strand2/ebook-esera2011\\_SHEEHAN\\_02.pdf](http://lsg.ucy.ac.cy/esera/e_book/base/ebook/strand2/ebook-esera2011_SHEEHAN_02.pdf)), accessed 21/6/12.
- SHEEHAN, M., CHILDS, P. E., HAYES, S. The chemical misconceptions of pre-service science teachers at the University of Limerick: Do they change? *IOSTE-NWE : Contemporary Issues in Science and Technology Education*, 2011.



- SHIBLEY, I. A., AMARAL, K. E., AURENTZ, D., MCCAULLY, R. J. Oxidation and Reduction Reactions in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 2010, vol. 87, no. 12, p. 1351–1354.
- SCHMIDT, H. J. *Students' Understanding of Molecular Structure and Properties of Organic Compounds*. St. Louis : MO, 1996.
- SIMPSON, P. Organic reaction mechanisms in the sixth form part 1. *School Science Review*, 1988, vol. 70, no. 251, p. 77–82.
- STULL, A. T., HEGARTY, M., DIXON, B., STIEFF, M. Representational translation with concrete models in organic chemistry. *Cognition and Instruction*, 2012, vol. 30, no. 4, p. 404–434.
- SZU, E., NANDAGOPAL, K., SHAVELSON, R. J., LOPEZ, E. J., PENN, J. H., SCHARBERG, M., HILL, G. W. Understanding academic performance in organic chemistry. *Journal of Chemical Education*, 2011, vol. 88, no. 9, p. 1238–1242.
- ŠKODA, J., DOULÍK, P. *Prekoncepce a miskoncepce v odborových didaktikách*. Ústí nad Labem : Univerzita J. E. Purkyně, 2010, 273 s.
- TAN, K. D., TABER, K. Ionization energy: implications of preservice teachers' conceptions. *Journal of chemical education*, 2009, vol. 86, no. 5, p. 623–629.
- TOPAL, G., ORAL, B., ÖZDEN, M. University and secondary school students' misconceptions about the concept of "Aromaticity" in organic chemistry. *International Journal of Environmental and Science Education*, 2007, vol. 2, no. 4, p. 135–143.
- VICENOVÁ, H., GANAJOVÁ, M. *Chémia pre 9. ročník základnej školy a 4. ročník gymnázia s osemročným štúdiom*. Bratislava : EXPOL PEDAGOGIKA, 2012, 142 s.
- ZOLLER, U. Students' misunderstandings and misconceptions in college freshman chemistry (General and Organic). *Journal of Research in Science Teaching*, 1990, vol. 27, no. 10, p. 1053–1065.
- ZOLLER, U. Are lecture and learning compatible – maybe for LOCS – unlikely for HOCS. *Journal of Chemical Education*, 1993, vol. 70, no. 3, p. 195–197.
- ŽOLDOŠOVÁ, K. *Východiská primárneho prírodovedného vzdelávania*. Bratislava : VEDA – TYPI Universitas Tyrnaviensis, 2006, 167 s.

## POĎAKOVANIE

Príspevok vznikol aj vďaka prostriedkom projektu 7 FP PriSciNet.

Mgr. Monika Mlkva – E-mail: monika.mlkva@gmail.com  
Katedra chémie Pedagogickej fakulty Trnavskej univerzity  
Priemyselná 4, 918 43 Trnava, Slovensko

prof. PhDr. Ľubomír Held, CSc. – E-mail: lheld@truni.sk  
Katedra chémie Pedagogickej fakulty Trnavskej univerzity  
Priemyselná 4, 918 43 Trnava, Slovensko