Informacijska družba IS 2006 / Information Society IS 2006
9. mednarodna multi-konferenca / 9th International Multi-Conference
Vzgoja in izobraževanje v informacijski družbi / Education in Information Society
Ljubljana, Slovenija, 13.-14. oktober 2006

Poskus kot sredstvo vizualizacije za aktivno in kvalitetno učenje

Kampoš Tjaša
kampos.tjaša@guest.arnes.si

Povzetek:

Poskus v šoli ima močan vizualizacijski učinek, zato ne sme biti zgolj element motivacije pouka. Biti mora podpora pri razumevanju kemijskih pojmov.

V raziskavi želimo preveriti sposobnost zaznavanja in razumevanja sprememb, ki so jih učenci opazovali na multimedijskih posnetkih treh poskusov; proučiti želimo vpliv dodanih vizualnih elementov (podnapisi in kemijske formule, enačba kemijske reakcije) v multimedijskih posnetkih poskusov ter vpliv učnega uspeha učencev na sposobnost zaznave in pravilnost razlage.

Ključne besede: *poskus, vizualna pismenost, zaznava, razlaga, učni uspeh*

Abstract

Experiment in the school has strong visual effect on the children, therefore it should not be use as a motivational factor in the classroom but it should also support the understanding of the chemical processes. The goal of the research is to check capability of acknowledement and understanding of changes, which were obsereved by the pupils on the three different multimedia footage of the chemical experiments; main goal is to determine the added value of added visual elements (names and formulas of reagents, equation of the chemical reaction) in multimedia footage of the chemical experiments and school success of the pupil on the capability of perception and the proper understanding of it.

Key words: *experiment, visual literacy, perception, explanation, school success*

Poskus kot sredstvo vizualizacije

Eksperimentalno delo je pomemben sestavni del učnega procesa pri razvijanju naravoslovnih pojmov. Zato bi ga morali vključevati v vse faze učnega procesa: v uvodno motivacijo pouka, pri uvajanju in razlagi novih pojmov, pri utrjevanju snovi in preverjanju znanja. Pri tem pa se moramo zavedati pravega pomena eksperimentalnega dela v razredu. Poskus v šoli ni zgolj sredstvo za motiviranje učencev. Biti mora podpora razumevanju pojmov, saj ima močan vizualizacijski učinek (Vrtacnik, 2003).

Z ustrezno izbranimi kemijskimi poskusi in skrbno načrtovano strategijo uvajanja poskusov v učni proces, lahko pri učencih razvijamo vizualno pismenost. Le-ta temelji na sposobnosti zaznave in opisovanja sprememb na makroskopski ravni (Vrtacnik et al., 1999). Dobro razvite vizualne zaznave pa so ključnega pomena za lažje razumevanje abstraktnih kemijskih in naravoslovnih pojmov (Vrtacnik et al., 1999, str. 459).

Dosedanji rezultati raziskav Režek Doneve (2000) in Reničeve (2004) kažejo na to, da je naravoslovna pismenost pri učencih relativno slabo razvita. Na podlagi proučevanja sposobnosti zaznavanja sprememb pri poskusih (brez oz. z dodanimi elementi vizualizacije) sta omenjeni raziskavi pokazali, da zaznavanje bistvenih elementov procesa ni zadovoljivo in da je sposobnost povezovanja rezultatov poskusov s teoretičnim znanjem kemije šibka. Iz izsledkov teh raziskav lahko povzamemo, da je potrebno vizualno pismenost učencev razvijati tako kot vsako drugo spretnost (Vrtacnik, 2003). Zato je pomembno, da učence že ob prvem srečanju z naravoslovnimi predmeti seznanimo z izvedbami poskusov. Kot "posredovalci znanja" jih moramo usmerjati k natančnemu opazovanju bistvenih sprememb pri opazovanem poskusu ter k povezovanju opažanj z razlago in s tem k iskanju povezav s teoretičnim znanjem. Tako lahko preprečimo učenje pojmov na pamet ali kot pravita Pickering (1988) in Niaz (1999) preprečimo slepo sledenje navodil v laboratoriju.

Rezultati raziskav Vrtačnikove (2003) kažejo, da na naravoslovno vizualno pismenost vplivajo različni dejavniki. Poleg dejavnikov kompleksnosti in privlačnosti poskusa, vplivajo na vizualno pismenost tudi dodani elementi.

V naši raziskavi želimo preveriti v kolikšni meri dodani elementi (podnapisi, kemijske formule reaktantov, enačba kemijske reakcije) vplivajo na zaznavanje in razumevanje sprememb, ki so jih učenci opazovali na multimedijskih posnetkih treh poskusov. Obenem pa nas zanima ali učni uspeh pri kemiji vpliva na sposobnost zaznavanja in pravilnost razlage opaženih rezultatov.

Opis poteka raziskave

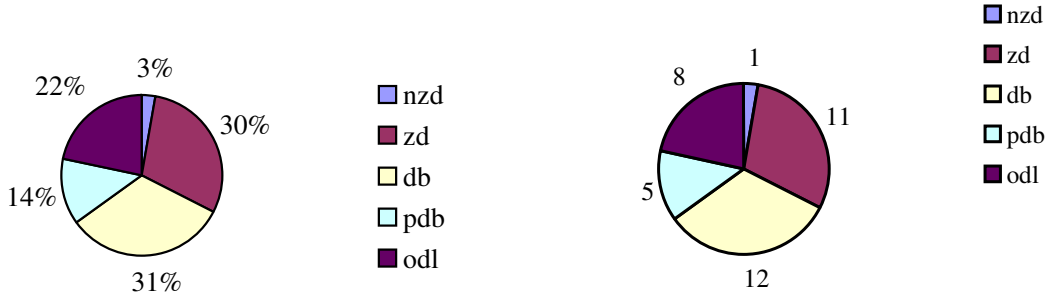
Testiranje je potekalo na osnovni šoli Venclja Perka v Domžalah, v januarju 2006. Sodelovalo je 74 učencev devetega razreda. Učenci so bili razdeljeni v dve skupini, kot prikazuje Tabela 1.

Tabela 1: Število učencev v skupinah

Skupina	**Število učencev**
A	37
B	37

Skupini sta se med seboj razlikovali po načinu vizualne predstavitve poskusov. Skupina A je bila kontrolna skupina, skupina B pa eksperimentalna skupina, ki je imela vključene vizualne elemente (podnapisi, kemijske formule in kemijska enačba reakcije).

Skupini sta bili enakovredni glede na učni uspeh učencev pri kemiji, kar prikazuje Graf 1.



Graf 1: Odstotek nezadostnih, zadostnih, dobrih, prav dobrih in odličnih učencev v skupinah

Odvisne spremenljivke so:

- dodani elementi (imena reaktantov, kemijske formule, kemijska enačba);
- število zaznanih stopenj učencev pri opazovanem poskusu;
- delež pravilne razlage učencev v zapisih opazovanih poskusov.

Neodvisne spremenljivke so:

- osnovna šola;
- učni uspeh.

Delo je potekalo v računalniški učilnici na trinajstih primerljivo konfiguriranih računalnikih. Uporabljeni so bili trije multimedijski posnetki poskusov iz sklopa "Test zaznavnosti poskusov, NTF": Gasilni aparat, Reakcija med bakrovim oksidom in žveplovo kislino, Reakcija med natrijem in vodo. Podani so bili v obliki PowerPoint predstavitve. V kratkem uvodu so se učenci seznanili z navodili. Vsak posnetek poskusa so učenci lahko pogledali največ dvakrat. Po končanem ogledu vseh poskusov so imeli možnost ponovnega ogleda tistega poskusa, ki jim je morda predstavljal težavo. Med testiranjem niso komunicirali med seboj ali z učiteljem. Učenci so na delovni list v en stolpec zapisovali opažanja po stopnjah, v drugi stolpec pa razlago opažanj.

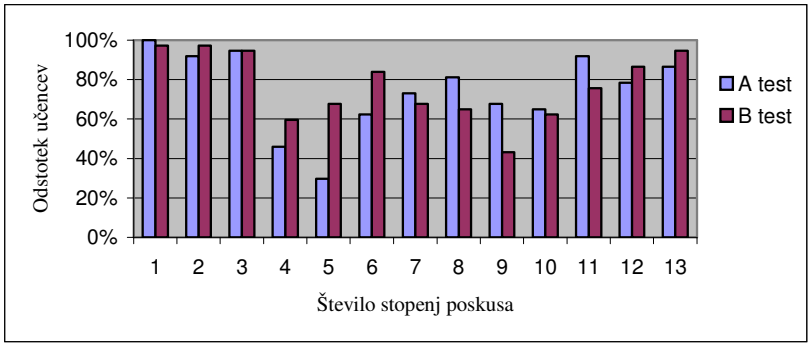
Rezultati raziskave

Za lažjo analizo opažanj pri posameznem poskusu, smo opažanja razdelili v zaznavne stopnje, ki so prikazane v Tabeli 2 za prvi poskus, v Tabeli 3 za drugi poskus in v Tabeli 4 za tretji poskus. Pri učencih nismo upoštevali vrstnega reda zapisa opažanj, pač pa zgolj to, ali je zaznavna stopnja zabeležena ali ne.

Rezultati, ki kažejo na število zaznanih stopenj A in B skupine pri prvem, drugem in tretjem poskusu so zbrani v Grafu 2, Grafu 3 in Grafu 4.

Tabela 2: Zaznavne stopnje pri prvem poskusu

Stopnja poskusa	**Opis posamezne zaznavne stopnje poskusa**
	1. POSKUS: GASILNI APARAT
1.	Zaščitna halja in zaščitne rokavice
2.	V erlenmajerico z nastavkom in cevko nalijemo detergent zelene barve.
3.	Dodamo brezbarvno tekočino iz večje čaše – reakcija še ne poteče.
4.	Kapalko, ki je vmeščena v gumijastem zamašku napolnimo z brazbarvno tekočino, iz manjše čaše.
5.	Erlenmajerico zapremo z zamaškom s kapalko (še ne iztisnemo).
6.	Z gorečo trsko se približamo tekočini na urnem steklu, hlapi se takoj vnamejo.
7.	Snov gori s svetlečim (rumenim, sajastim) plamenom.
8.	V plamen goreče snovi približamo stekleno palčko, na kateri so vidne saje.
9.	Palčko podrgnemo v belo krpo, krpa je sajasta.
10.	Stisnemo kapalko na zamašku erlenmajerice.
11.	V erlenmajerici se takoj pojavi penjenje.
12.	Pena v erlenmajerici naraste in gre po cevki do urnega stekla.
13.	Na urnem steklu pena pogasi gorečo snov.



Graf 2: Odstotek učencev, ki so zaznali določeno zaznavno stopnjo pri prvem poskusu "Gasilni aparat"

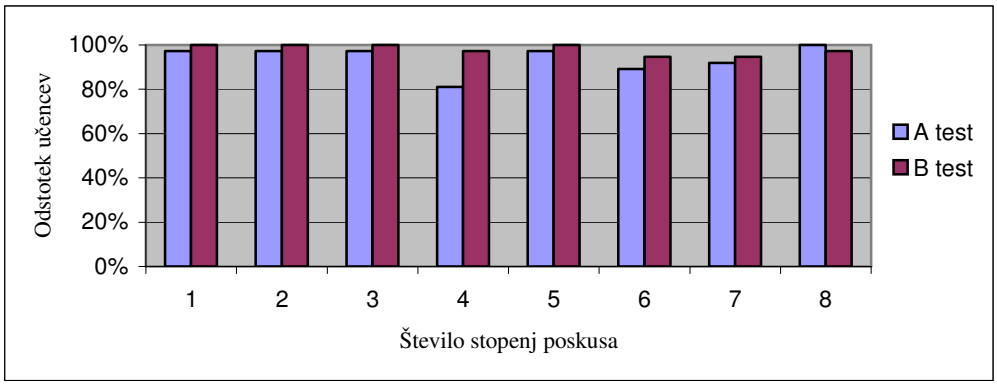
Prvi poskus "Gasilni aparat" je trinajstopenjski poskus. V posameznih stopnjah so bili dodani podnapisi: detergent, HCl (aq, konc.), $NaHCO_3$(ag), bencin.

Iz Grafa 2 je razvidno, da so učenci obeh skupin uspešneje zaznali začetne (1., 2., 3.) in končne (10., 11., 12.) zaznavne stopnje poskusa.. Dodani elementi (podnapisi: detergent, $NaHCO_3$ aq) pri teh stopnjah niso vplivali na zaznavo. Pri 4., 5. in 6. stopnji procesa pa lahko opazimo, da so dodani elementi pripomogli k bistvenemu izboljšanju zaznave: 45,9 % učencev skupine A in 59,5 % učencev skupine B je zaznalo 4. stopnjo (dodani element – HCl aq, konc.), 5. stopnjo je zaznalo kar 67,6 % učencev iz skupuine B in le 29, 7 % skupine A, 6. stopnjo, kjer je bil dodan podnapis (bencin) je prepoznalo 83,3 % učencev iz skupine B in 62,2 % učencev iz skupine A. Nekoliko slabše zaznavanje skupine B v primerjavi s skupino A opazimo pri 7., 8. ,9. in 10. stopnji. Učenci so bili manj pozorni na vmesne stopnje in sicer stopnje številka 4, 5, 9 in 10. Te stopnje so pri poskusu tudi manj atraktivne.

Pri tem poskusu je zanimiva zaznava, ki jo je navedlo kar 91,9 % učencev iz obeh skupin. Kot opombo pri zaznavi šeste stopnje, so zapisali, da bi pri prižigu snovi z gorečo trsko morali sneti zaščitne rokavice. Očitno je ta zaznava posledica doslednega upoštevanja vseh varnostnih ukrepov pri izvajanju poskusov med učnimi urami.

Tabela 3: Zaznavne stopnje pri drugem poskusu

Stopnja poskusa	**Opis posamezne zaznavne stopnje poskusa**
2. REAKCIJA MED BAKROVIM OKSIDOM IN ŽVEPLOVO KISLINO	
1.	Zaščitna halja in zaščitne rokavice
2.	V epruveto damo črno trdno snov.
3.	S kapalko dodamo v epruveto brezbarvno tekočino.
4.	Epruveto pretresemo.
5.	V epruveti nastane modra raztopina.
6.	Vsebino epruvete prelijemo v izparilnico ob stekleni palčki.
7.	Segrevamo.
8.	V izparilnici ostane sivo-bela trdna snov.



Graf 3: Odstotek učencev, ki so zaznali določeno zaznavno stopnjo pri drugem poskusu "Reakcija med bakrovim oksidom in žveplovo kislino"

Iz Grafa 3 lahko razberemo, da so bili učenci pri drugem poskusu "Reakcija med bakrovim oksidom in žveplovo kislino" zelo pozorni na skoraj vse zaznavne stopnje. Dodani element kemijska enačba CuO (s) + H_2SO_4 (aq) → $CuSO_4$ (aq) + H_2O (l) ni pripomogel k boljši zaznavi. Nekoliko slabša je bila zaznava učencev iz skupine A pri 4. stopnji.

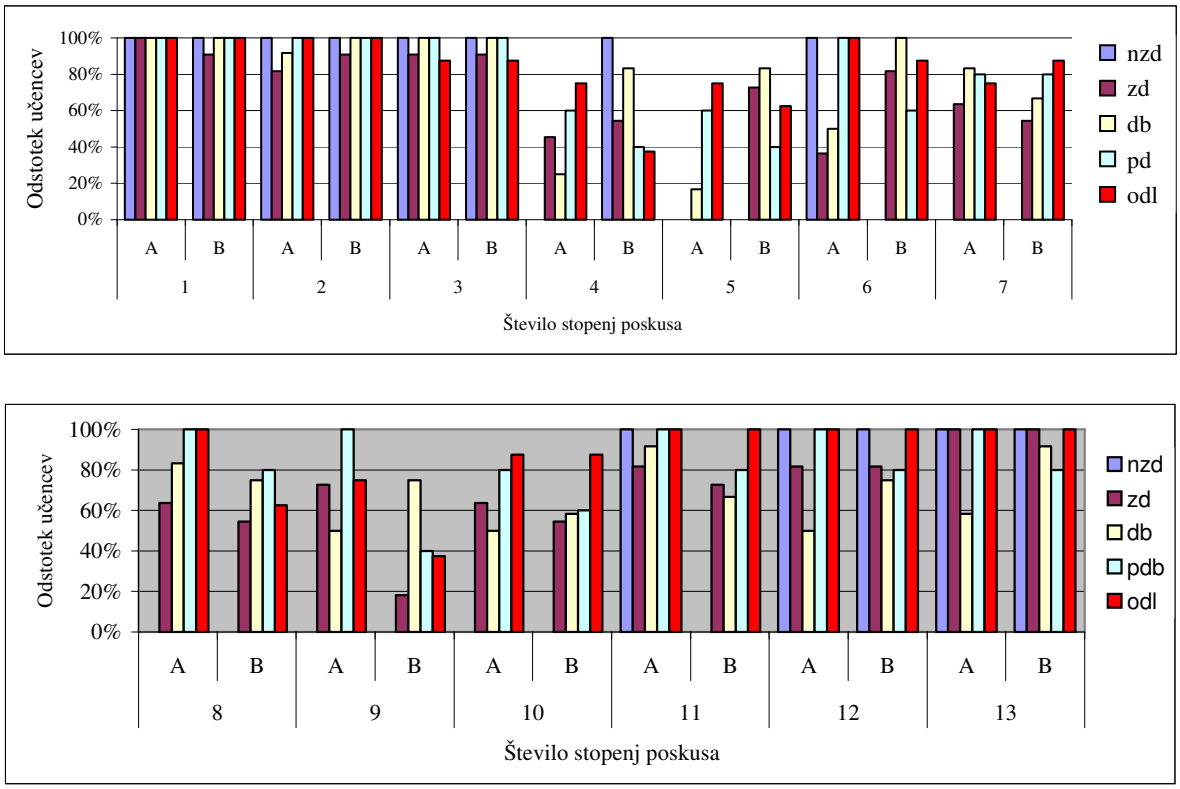
Tabela 4: Zaznavne stopnje pri tretjem poskusu

Stopnja poskusa	**Opis posamezne zaznavne stopnje poskusa**
	3. REAKCIJA MED NATRIJEM IN VODO
1.	V okrogli kadički je voda in brezbarvni indikator fenolftalein.
2.	Košček natrija držimo s pinceto in ga vržemo v vodo.
3.	Natrij v obliki kroglice plava po gladini vode in za seboj pušča rahlo vijolično sled.
4.	Natrij z vodo zelo burno reagira, se vžge – tekočina pljuskne iz posode.
5.	Natrij gori z rumenkastim plamenom.
6.	Raztopina se obarva intenzivno vijoličasto.

Graf 4: Odstotek učencev, ki so zaznali določeno zaznavno stopnjo pri tretjem poskusu "Reakcija med natrijem in vodo"

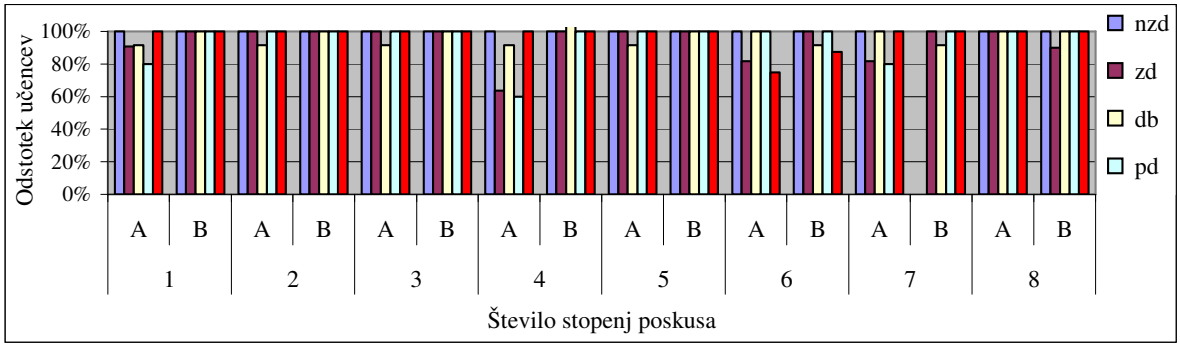
Tretji poskus "Reakcija med natrijem in vodo" je bil v testu A prikazan kot serija slik, v testu B pa kot film. Iz Grafa 4 je razvidno, da so bili pri opažanju bolj natančni učenci iz skupine B. Očitni razliki sta pri zaznavanju 3. in 5. stopnje. Da natrij plava v obliki kroglice po gladini vode, je zaznalo zgolj 59,5 % učencev iz skupine A in kar 89,2 % učencev iz skupine B. Nekoliko slabša je bila pozornost učencev na barvo plamena natrija (32,4 % skupina A in 81,1 % skupina B).

Graf 5, Graf 6 in Graf 7 prikazujejo število učencev skupine A in B glede na učni uspeh, ki so zaznali posamezne stopnje določenega poskusa.



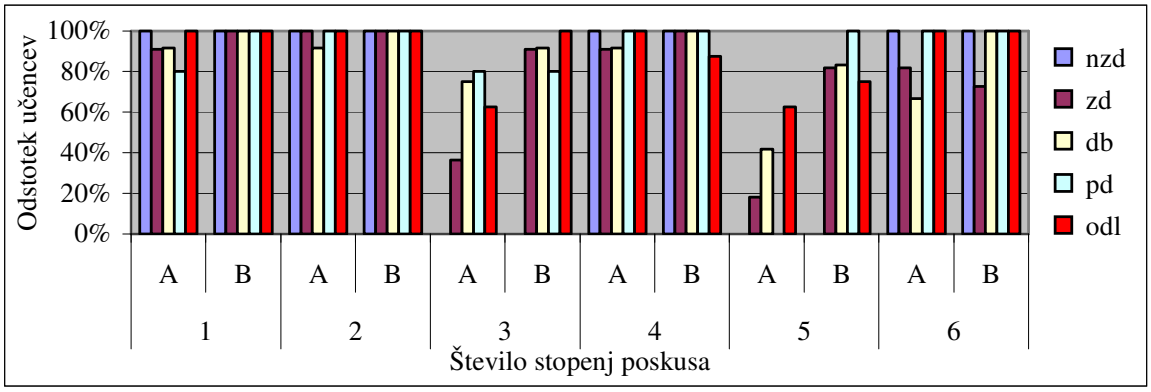
Graf 5: Odstotek učencev razvrščenih glede na učni uspeh znotraj skupine A in B, ki so zaznali določeno zaznavno stopnjo pri prvem.poskusu "Gasilni aparat"

Iz grafa 5 je razvidno, da učni uspeh učencev ne vpliva bistveno na zaznavo posameznih stopenj poskusa. Tako slabši kot odlični učenci so bili enako uspešni pri zaznavanja začetnih (1., 2., 3.) in končnih (11., 12. 13.) stopenj poskusa. Razlika se je pojavila pri zaznavi vmesnih stopenj, kjer so bili pri opažanju v povprečju boljši prav dobri in odlični učenci. Iz grafa lahko razberemo tudi, da dodani elementi (stopnja 4, 5, 6) nekoliko izboljšajo zaznavo učno šibkejših učencev, medtem ko na zaznavo učno boljših učencev nimajo posebnega vpliva. Nasprotno, pozornost pri opažanju stopnje 4, 5 in 6 se je zmanjšala.



Graf 6: Odstotek učencev razvrščenih glede na učni uspeh znotraj skupine A in B, ki so zaznali določeno zaznavno stopnjo pri drugem poskusu "Reakcija med bakrovim oksidom in žveplovo kislin"

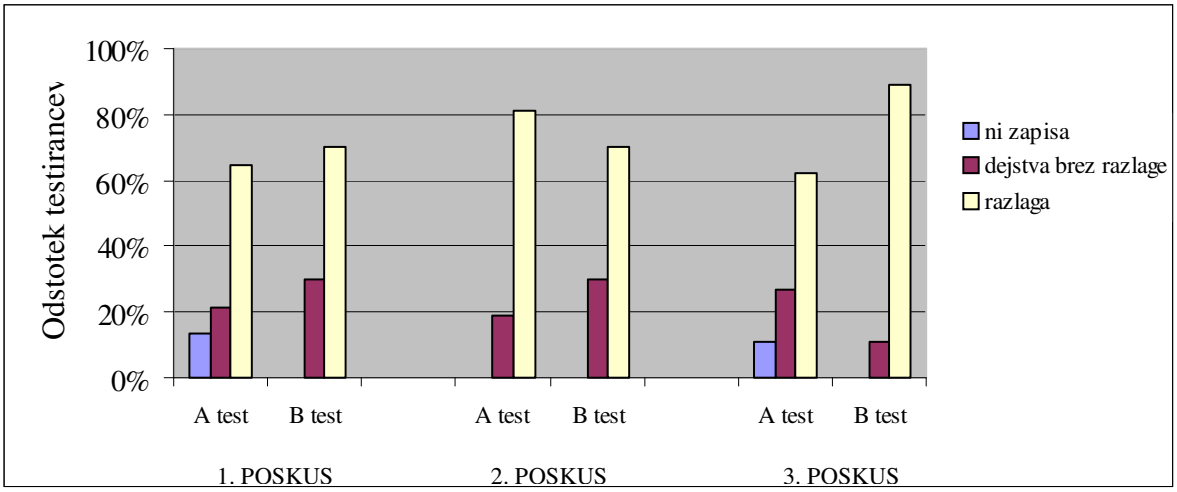
Iz Grafa 6 je razvidno, da so v povprečju učno slabši učenci pri zaznavanju posameznih stopenj poskusa enako uspešni kot učno boljši učenci. Pri opažanju 4. stopnje (segrevanje) in 6. stopnje (prelivanje raztopine iz epruvete v izparilnico) so bili učno šibkejši učenci bolj natančni kot prav dobri oziroma odlični učenci. Dodani element (kemijska enačba) v tem poskusu ne vpliva na boljšo zaznavnost pri učno šibkejših učencih.



Graf 7: Odstotek učencev razvrščenih glede na učni uspeh znotraj skupine A in B, ki so zaznali določeno zaznavno stopnjo pri tretjem poskusu "Reakcija med natrijem in vodo"

Kot lahko razberemo iz Grafa 7 je uspešnost zaznave v povprečju enaka pri učno šibkejših in uspešnejših učencih. Razlika je opazna pri zaznavanju 3. in 5. stopnje poskusa. Odstotek učno šibkejših učencev, ki so ti stopnji prepoznali je nižji v primerjavi z odstotkom učno uspešnejših učencev. Pete stopnje, gorenje natrija z rumenkastim plamenom, niso opazili nezadostni in prav dobri učenci.

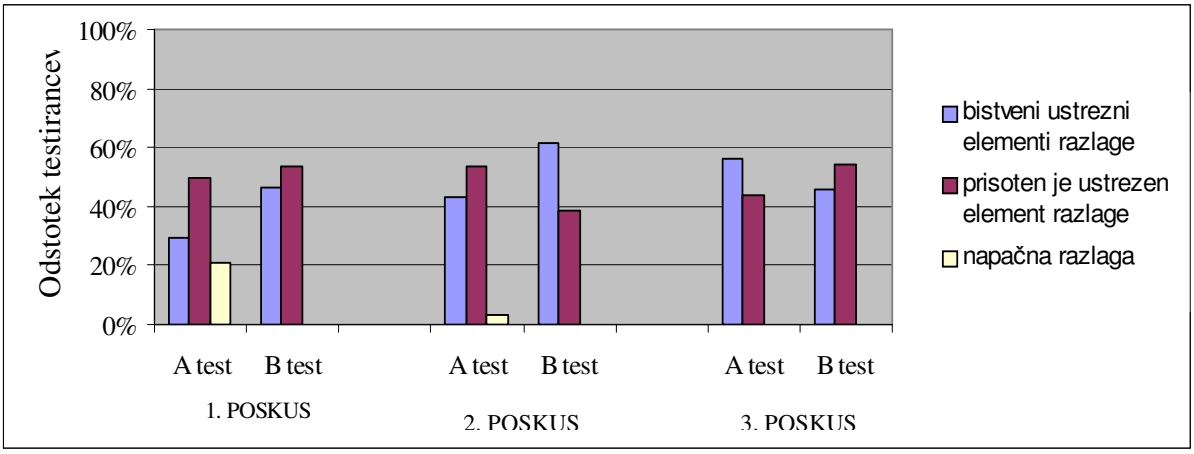
Graf 8 prikazuje prisotnost razlage v opisih eksperimentalnih opažanj pri skupini A (A test) in skupini B (B test).



Graf 8: Prisotnost razlage v opisih opazovanih sprememb pri skupini A in B treh poskusov v odstotnih deležih

Kot je razvidno iz Grafa 8 prevladujejo pri vseh treh poskusih opisi z vključeno razlago. Zelo malo je zapisov le z navedenimi dejstvi brez razlage. Medtem ko se primeri, kjer ni zapisa opažanj pojavljajo v zelo majhnem odstotku pri prvem (13,5 %) in tretjem poskusu (10,8 %) na A testu, kjer ni bilo vključenih dodanih elementov vizualizacije.

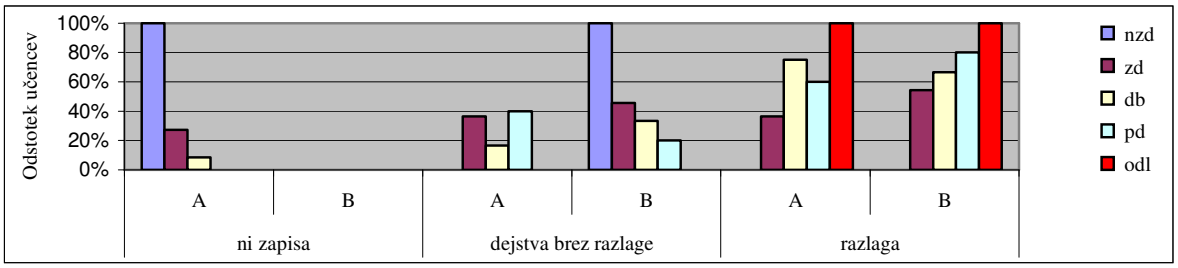
Na Grafu 9 je prikazano število odstotkov učencev, ki so v zapisih z navedeno razlago zabeležili ustrezne elemente razlage opažanj.



Uspešnost

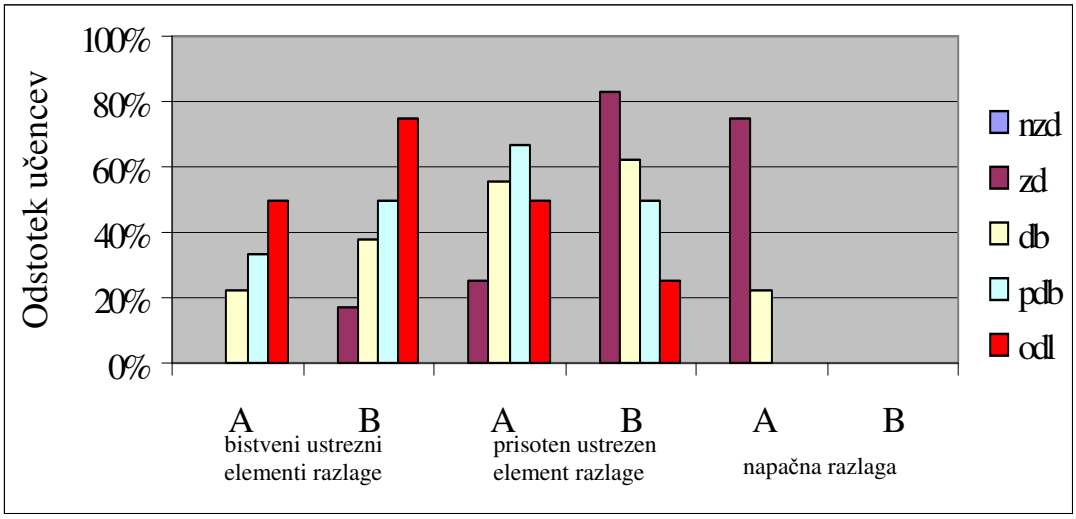
Graf 9: Prikaz odstotka testirancev v skupini A in B, ki so v zapisih z razlago zapisali ustrezne elemente razlage

Iz Grafa 9 je razvidno, da v zapisih prevladuje vsaj en element razlage, ki je ustrezen. Odstotek učencev, pri katerih so zapisi z napačno razlago je nizek in se pojavlja le v prvem (20,8 %) in drugem poskusu (3,33 %) v skupini A, kjer niso bili dodani vizualni elementi. Odstotek učencev, pri katerih se v zapisih pojavljajo bistveni ustrezni elementi razlage je najvišji pri drugem poskusu pri učencih iz skupine B (61,5 %). Iz tega lahko sklepamo, da je dodani vizualni element (zapisana kemijska enačba) pripomogel k povečanju povezovanja opažanj sprememb poskusa z ustrezno razlago. Prav tako lahko iz grafa razberemo, da so podnapisi (imena in kemijske formule reaktantov) pri prvem poskusu pripomogli k povečanju ustrezne razlage v zapisih učencev iz eksperimentalne skupine B. Pri tretjem poskusu pa ugotovimo, da je imel slikovni prikaz poskusa reakcije med Natrijem in vodo pomembnejši vizualni učinek na ustreznost razlage, saj je le-ta večja v kontrolni skupini A.



Graf 10: Prisotnost razlage v opisih opazovanih sprememb pri skupini A in B prvega poskusa "Gasilni aparat" v odstotnih deležih glede na učni uspeh učencev

Iz grafičnega prikaza prisotnosti razlage v zapisih opazovanih sprememb prvega poskusa (Graf 10) razberemo, da med učenci, ki niso zapisali ničesar, prevladujejo nezadostni učenci (100%), sledijo jim zadostni (27,3 %) in dobri učenci (8,3 %). Vsi so bili vključeni v kontrolno skupino A. Med učenci pri katerih je v zapisih navedena razlaga so tako v skupini A kot v skupini B najuspešnejši odlični učenci, sledijo jim prav dobri, dobri in zadostni učenci.



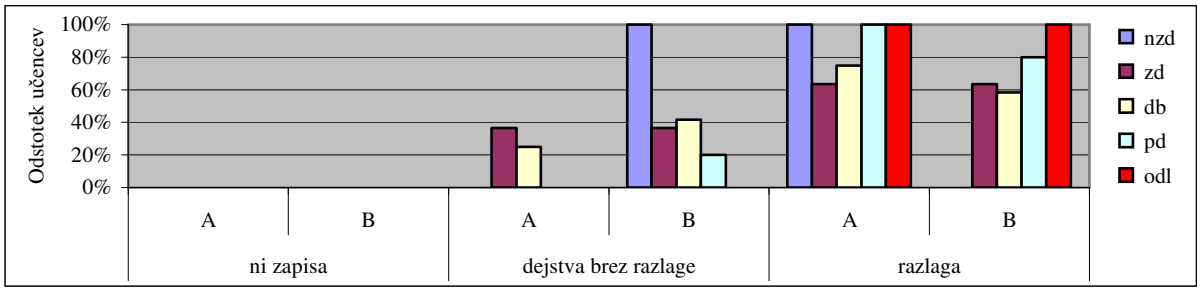
Graf 11: Prikaz odstotkov testirancev v skupini A in B, ki so v zapisih z razlago zapisali ustrezne elemente za prvi poskus "Gasilni aparat"

Iz grafa 11 je razvidno, da med učenci, ki so zapisali ustrezne elemente razlage, prevladujejo odlični učenci, sledijo jim prav dobri , dobri in zadostni učenci. V eksperimentalni skupini A med zadostnimi učenci ni nihče zapisal ustreznih elementov razlage. Prisotni so le zapisi z vsaj enim ustreznim elementom razlage (25 %), prevladujejo pa zapisi z napačno razlago (75 %).

Pri eksperimentalni skupini B se je med zadostnimi učenci močno povečal odstotek učencev, ki so zapisali vsaj en ustrezen element razlage (83,3 %) v primerjavi s kontrolno skupino A. Prav tako se je povečal odstotek zadostnih učencev, ki so zapisali bistvene ustrezne elemente razlage (16,7 %), medtem ko zapisov z napačno razlago v eksperimentalni skupini B ni bilo.

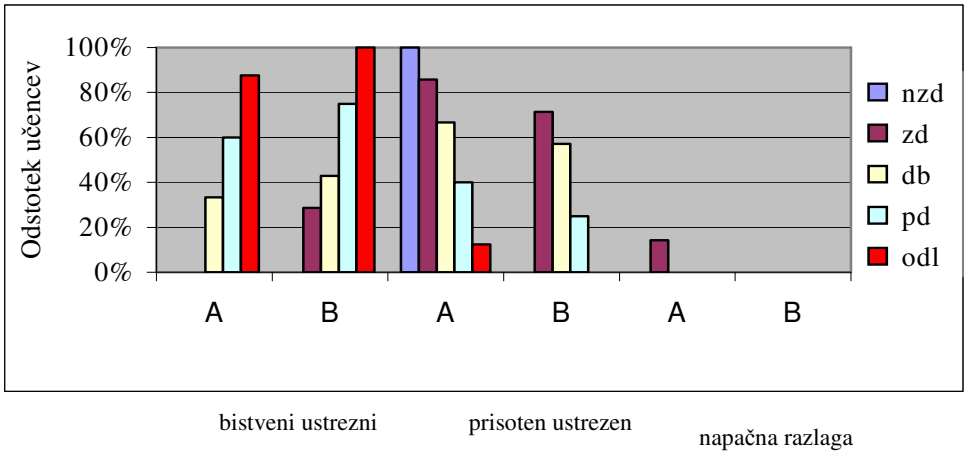
Iz tega lahko sklepamo, da so dodani vizualni elementi v prvem poskusu pripomogli k boljšemu razumevanju procesa pri zadostnih učencih.

Tudi sicer nihče od učencev z boljšim uspehom v skupini B ni podal napačne razlage. V kontrolni skupini A pa je odstotek zadostnih učencev, ki so zapisali napačne razlage zelo visok. Eden od vzrokov je lahko tudi pomanjkljivo posnet eksperiment. Med napačnimi razlagami smo namreč večkrat zasledili razlago: "iz erlenmajerice izhaja plin, ki na urnem steklu ob stiku z gorečo trsko zagori oz. plin, ki pospeši gorenje trske". Medtem ko pri skupini B, kjer je bil pod urnim steklom dodani vizualni element podnapis (bencin), napačne razlage ni bilo. Glede na to bi veljalo poskus posneti tako, da bi bilo razvidno, da na urno steklo dodamo bencin.



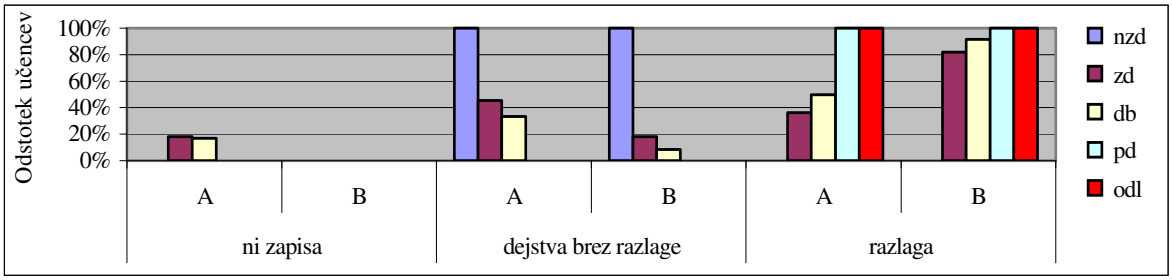
Graf 12: Prisotnost razlage v opisih opazovanih sprememb pri skupini A in B drugega poskusa "Reakcija bakrovega oksida z žveplovo kislino" v odstotnih deležih glede na učni uspeh učencev

Iz grafa 12 lahko razberemo, da pri drugem poskusu prevladujejo zapisi z navedeno razlago pri zadostnih, dobrih, prav dobrih in odličnih učencih. Pri nezadostnih učencih lahko opazimo, da dodani vizualni element (kemijska enačba) ni imel vpliva na boljše razumevanje opažanj.



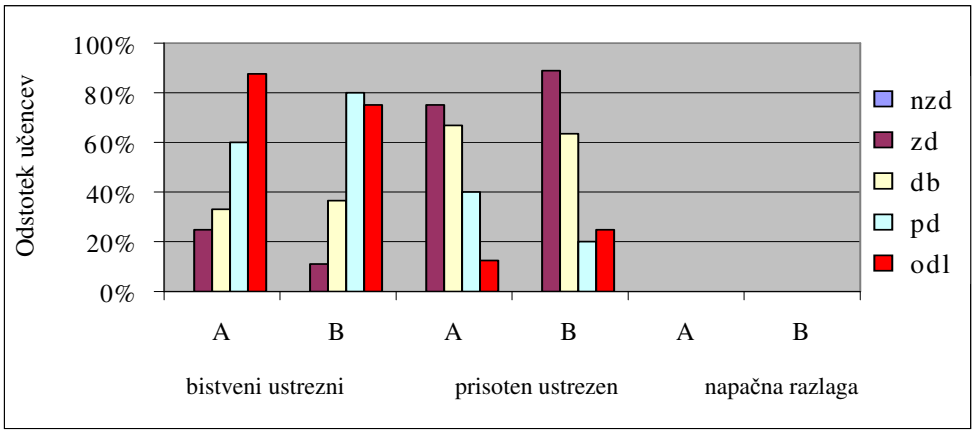
Graf 13: Prikaz odstotkov testirancev v skupini A in B, ki so v zapisih z razlago zapisali ustrezne elemente za drugi poskus

Iz grafa 13 je razvidno, da tudi pri drugem poskusu med učenci, ki so zapisali ustrezne elemente razlage prevladujejo odlični učenci. Napačna razlaga je prisotna le v zapisih zadostnih učencev kontrolne skupine A. Ponovno lahko razberemo, da so dodani elementi v pomoč pri razumevanju in razlagi opažanj pri zadostnih in dobrih učencih, medtem ko pri prav dobrih in odličnih učencih tega vpliva ni zaznati.



Graf 14: Prisotnost razlage v opisih opazovanih sprememb pri skupini A in B tretjega poskusa "Reakcija med natrijem in vodo" v odstotnih deležih glede na učni uspeh učencev

Iz Grafa 14 je razvidno, da prevladujejo zapisi z navedeno razlago pri odličnih, prav dobrih in dobrih učencih. Razberemo lahko, da je odstotek zadostnih in dobrih učencev, ki so zapisali razlago, večji v eksperimentalni skupini B.



Graf 15: Prikaz odstotkov testirancev v skupini A in B, ki so v zapisih z razlago zapisali ustrezne elemente za tretji poskus

Iz grafa 15 je razvidno, da so vsi učenci, ne glede na učni uspeh, zapisali vsaj en ustrezen element razlage. Napačne razlage ni zapisal nihče. Med učenci, ki so zapisali ustrezne elemente razlage prevladujejo odlični učenci.

Sklep

Raziskava kaže, da je vizualna pismenost učencev v tem vzorcu zadovoljiva.

Potrdili smo ugotovitve dosedanjih raziskav, da je uspešnost zaznavanja odvisna od kompleksnosti poskusa, saj si učenci pri večstopenjskem poskusu bolje zapomnijo začetne in končne stopnje. Na vmesne stopnje poskusa pa niso toliko pozorni. Dodana vizualna elementa (kemijska enačba in formule reaktantov), nimata bistvenega pomena pri zaznavanju opažanj učencev glede na učni uspeh. Pač pa ima slikovni prikaz posnetka poskusa pri zaznavanju bistvenih stopenj poskusa večji pomen pri učno šibkejših učencih.

Tudi uspešnost učencev pri povezovanju opažanj poskusa s teoretičnim znanjem je zadovoljiva. Ugotavljamo, da dodani elementi prispevajo k zmanjševanju napačnih razlag predvsem pri zadostnih učencih. Pri dobrih in prav dobrih učencih dodani elementi v manjši meri vplivajo zgolj na povečanje zapisov z bistvenimi in ustreznimi elementi razlage.

Na splošno lahko ugotovimo, da učni uspeh ne vpliva na sposobnost zaznavanja posameznih stopenj poskusa. Pri tem so lahko enakovredni tako zadostni kot odlični učenci. Zato se moramo kot učitelji zavedati pomena razvijanja sposobnosti opazovanja kemijskih poskusov pri vseh učencih. Na praktično delo jih je treba navajati že od prve učne ure kemije dalje. Kot smo pričakovali, pa se pojavijo razlike v povezovanju opažanj poskusa s teoretičnim znanjem. Tukaj imajo slabši učenci veliko več težav. Naša raziskava kaže, da pri tem učencem pomagamo z ustrezno izbranimi dodanimi vizualnimi elementi, ki so jim lahko v pomoč pri razumevanju zanje abstraktnih pojmov ter jih hkrati spodbujamo k povezovanju rezultatov opažanj poskusov s teoretičnim znanjem.

Literatura

1. NIAZ, M., (1999): Should we put observations first?, Journal of Chemical Education, vol. 76, št. 6, str. 734.
2. PICKERING, M., (1988): A physical chemist looks at organic chemistry lab, Journal of Chemical Education, vol. 65, št. 2, str. 143-144.
3. VRTAČNIK, M., et al., (2003): Dinamična vizualizacija naravoslovnih pojmov s poskusi in modeli: priročnik za učitelje, Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Ljubljanja, str. 40-96.
4. VRTAČNIK, M:, FERK, V., DOLNIČAR, D in SAJOVEC, M., (1999): Pomen vizualizacije za razvijanje predstav o pojmih in procesih v kemiji. Organizacija, let. 32, št. 8-9, str. 454-460.
5. RENIČ V., (2004): Odvisnost učinkovitega spremlajnja kemijskih perocesov od načinov vizualne predstavitve, magistrsko delo, Univerza v Ljubljani, NTF, Oddelek za kemijsko izobraževanje in informatiko.
6. REŽEK DONEV, N., (2000): Pomen multimedije za pouk kemije, magistrsko delo, Univerza v Ljubljani, NTF, Oddelek za kemijsko izobraževanje in informatiko.

Strokovni življenjepis

Profesorica kemije in biologije, članica razvojne skupine za uporabo IKT pri kemiji ter multiplikator za področje IKT kemija za osnovne šole.

Raziskovalno delo je usmerjeno v didaktiko uporabe IKT za kakovostnejši pouk kemije. Študentka podiplomskega študija kemijskega izobraževanja, magistrsko delo bo vključevalo študij vpliva strategije izvedbe poskusa na razumevanje kemijskih pojmov.