



PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

LANA ŠOJAT

**UVJERENJA I METODIČKO ZNANJE
BUDUĆIH NASTAVNIKA KEMIJE
U HRVATSKOJ**

DOKTORSKI RAD

Split, 2024.



PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

LANA ŠOJAT

**UVJERENJA I METODIČKO ZNANJE
BUDUĆIH NASTAVNIKA KEMIJE
U HRVATSKOJ**

DOKTORSKI RAD

MENTOR: prof. dr. sc. Silvija Markić

Split, 2024.



FACULTY OF SCIENCE

LANA ŠOJAT

**BELIEFS AND PEDAGOGICAL CONTENT
KNOWLEDGE OF CROATIAN
PRE-SERVICE CHEMISTRY TEACHERS**

DOCTORAL THESIS

SUPERVISOR: prof. Silvija Markić, PhD

Split, 2024.

Veliko hvala od srce mojoj mentorici prof.dr.sc. Silviji Markic na bezrezervnoj stručnoj pomoći i susretljivosti te na pomoći oko provedbe istraživanja i pisanja doktorske disertacije, što me uvela u svijet obrazovnih istraživanja kao i krugove stručnjaka u kemijskom obrazovanju u svijetu, na beskonačnom stpljenju prilikom provedbe istraživanja, pitanja i nedoumica, satima razgovora i rasprava o samoj disertaciji i što mi je pokazala i otvorila vrata obrazovnih istraživanja...

Hvala ocjenjivačima, doc. dr. sc. Viljemki Bučević Popović, izv. prof. dr. sc. Stjepanu Orhanoviću, doc. dr. sc. Nikoli Maranguniću, prof. dr. sc. Dragici Trivić i doc. dr. sc. Ivani Anđelić na izdvojenom vremenu i trudu uloženom u vrednovanje ovog rada te na korisnim komentarima i preporukama.

Hvala sudionicima istraživanja na vremenu koje su odvojili za ispunjavanje anketnih upitnika, kao i nastavnicima metodičarima koji su bili otvoreni za suradnju te pomogli u provedbi istraživanja i odvojili vrijeme kolegija: prof. dr. sc. Ivanu Vickoviću sa Sveučilišta J.J. Strossmayer u Osijeku, izv. prof. dr. sc. Draginji Mrvoš Sermek i izv. prof. dr. sc. Nenadu Judašu sa Sveučilišta u Zagrebu te dr.sc. Roku Vladušiću sa Sveučilišta u Splitu. Njemu i veliko hvala na strpljenju oko mojih pitanja vezanih uz obrazovna istraživanja, pomoći oko prijevoda pojmova vezanih uz metodičko znanje, kao i savjetima vezanima i uz studij i uz nastavu.

Hvala mojoj splitskoj kolegici i prijateljici Miji na svim našim razgovorima, porukama, pomaganju, uskakanju oko tehničkih stvari u Splitu, kao i međusobnom bodrenju i tjeranju da studij privedemo kraju – jest da je potrajalo, ali eto...

Hvala svim mojim profesorima, mentorima i kolegama koji su utjecali na moja uvjerenja o učenju i poučavanju.

Hvala mojoj obitelji što su bili uz mene sve ove godine, mojoj mami, koja je posebno na samom kraju još jednom pokazala da je mama mama.

Hvala mojim dečkima, suprugu Krešimiru i našem malom Marku, na neizmjernoj ljubavi, podršci i razumijevanju tijekom cijelog mog poslijediplomskog studija, vjerovali ste u mene i onda kada ja nisam...

I za kraj, Hvala ide jednoj posebnoj osobi koja me još davnih dana poučila da „...tko u mladosti uči, u starosti se ne muči...“. Bio mi je veliki vjetar u leđa tijekom cijelog mog života i školovanja, a posebice tijekom poslijediplomskog studija za koji je bio iznimno ponosan da sam upisala. Nažalost, otišao je prije nego što je dočekao da obranim disertaciju i zato je posvećujem upravo njemu – deda, ovo je za tebe!

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Splitu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Poslijediplomski sveučilišni studij

Istraživanje u edukaciji u području prirodnih i tehničkih znanosti

Doktorska disertacija

UVJERENJA I METODIČKO ZNANJE BUDUĆIH NASTAVNIKA KEMIJE U HRVATSKOJ

LANA ŠOJAT

Prirodoslovno-matematički fakultet
Ruđera Boškovića 33, 21 000 Split, Hrvatska

Ključna karika u obrazovnom lancu, i u samom nastavnom procesu i u provedbi različitih reformi, upravo su nastavnici. Iz literature je poznata važnost metodičkog znanja nastavnika i uvjerenja o učenju i poučavanju, kao i njihov utjecaj na načine poučavanja, znanstvenu pozadinu nastavnih sadržaja te organizaciju i provedbu samog nastavnog procesa. Upravo bi zbog toga metodičko znanje i uvjerenja trebali biti jedno od središnjih pitanja i zanimanja obrazovnih istraživanja metodičara te biti razvijana u skladu sa suvremenim teorijama odgoja i obrazovanja.

Ovo istraživanje procjenjuje uvjerenja i metodičko znanje budućih nastavnika kemije u Hrvatskoj u tri faze njihovog obrazovanja, ovisno o kolegiju Metodika nastave kemije. Longitudinalno anketno istraživanje provodi se pomoću standardiziranog upitnika s pitanjima otvorenog tipa i crtežom (uvjerenja) te pitanjima otvorenog tipa o sedam kemijskih koncepata vezanih uz čestičnu prirodu tvari (metodičko znanje) prema Loughran i sur. Odgovori vezani uz uvjerenja unaprijed su kodirani kao tradicionalna i suvremena uvjerenja. Analiza dobivenih podataka provodi se prema obrascu procjene temeljenom na tri kategorije – uvjerenja o organizaciji nastave, o ciljevima nastave te o učenju. Podaci dobiveni kvalitativnom analizom vezani uz metodičko znanje svrstani su u jednu od tri formiranih kategorija metodičkog znanja: prva razina, druga razina ili pak treća razina metodičkog znanja.

Uvjerenja o učenju i poučavanju većine ispitanika, neovisno o fazi provedbe istraživanja, više su tradicionalna s nastavnikom kao nosiocem aktivnosti u nastavi. Prva i druga razina zbirnog metodičkog znanja zastupljenije su neovisno o fazi provedbe istraživanja, dok su određena odstupanja uočena kod rezultata na razini sveučilišta. Razina metodičkog znanja u većoj mjeri zavisi o domeni metodičkog znanja nego li o ispitivanom konceptu.

Provedeno istraživanja daje ne samo procjenu uvjerenja i metodičkog znanja, već je

praćen i njihov razvoj kroz sveučilišno obrazovanje. Dobiveni rezultati mogu poslužiti kao polazišna točka za osvješćivanje, a kasnije i razvoj, uvjerenja i metodičkog znanja budućih nastavnika kemije u skladu sa suvremenim teorijama odgoja i obrazovanja.

(158 stranica, 11 slika, 25 tablice, 169 literaturna navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Sveučilišnoj knjižnici u Splitu, Ruđera Boškovića 31, Split te u Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici, Ul. Hrvatske bratske zajednice 4, Zagreb.

Ključne riječi: uvjerenja o učenju i poučavanju, metodičko znanje, čestična priroda tvari, obrazovne reforme, obrazovanje budućih nastavnika

Mentor: prof. dr. sc. Silvija Markić

Ocjenjivači:

1. doc. dr. sc. Viljemka Bučević Popović

2. izv. prof. dr. sc. Stjepan Orhanović

3. doc. dr. sc. Nikola Marangunić

4. prof. dr. sc. Dragica Trivić

5. doc. dr. sc. Ivana Anđelić

Rad prihvaćen: 22. svibnja, 2024.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Split

Faculty of Science

Doctoral program

Science and Engineering Education Research

Doctoral Thesis

BELIEFS AND PEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE OF CROATIAN PRE-SERVICE CHEMISTRY TEACHERS

LANA ŠOJAT

Faculty of Science

Ruđera Boškovića 33, 21 000 Split, Croatia

Changes in the educational system need strong support from and connection to teachers who are a key factor in changing the chemistry classroom reality. Starting from the research, the importance of Beliefs and Pedagogical Content Knowledge (PCK) for teacher's actions in the classroom is well known. Both factors influence teachers' representation of science, their science knowledge and their organisation of knowledge. Thus, pre-service teachers' Beliefs and PCK need to be examined and sought out by educators. They should be developed into the direction of teaching chemistry due to recent reforms and teaching and learning theories.

The presented longitudinal study evaluates Croatian pre-service Chemistry teachers' Beliefs about teaching and learning and their PCK about Particle Theory at the three different time points of their university teacher training programs. To determine their Beliefs participants were instructed to draw themselves as chemistry teachers in a typical classroom situation and to answer four open questions. Data analysis follows a pattern representing a range between the predominance of more traditional versus more modern teaching orientations in line with the educational theory focusing on the Beliefs about Classroom organisation, Beliefs about Teaching objectives and Epistemological Beliefs. The study on PCK is based on open-ended questions following the frame of PCK and Big Ideas about Particle Theory by Loughran et al. Data analysis follows the pattern of graduating the PCK of the participants at the novice, intermediate or advanced level.

The data, regardless of the time point, depicted mostly traditional and teacher-centered beliefs about teaching and learning. The results about PCK show that pre-service chemistry teachers' PCK is mostly on the novice or intermediate level on the national level, regardless of the time point, while the results for particular universities show some differences. The level of the PCK depends rather on the component of the PCK than on the Big Idea.

The conducted research provides not only an assessment of beliefs and PCK, but also their development through university education. Therefore, the study can be an excellent starting point for chemistry teacher education in university for detecting and developing Beliefs and PCK.

(158 pages, 11 figures, 25 tables, 169 references, original in Croatian)

The thesis is deposited in the University Library of Split, Ruđera Boškovića 31, Split and National and University Library, Ul. Hrvatske bratske zajednice 4, Zagreb.

Keywords: beliefs about teaching and learning, pedagogical content knowledge, particle theory, educational reforms, pre-service teachers' education.

Supervisor: Professor Silvija Markić, PhD

Reviewers:

1. Assistant Professor Viljemka Bučević Popović, PhD
2. Associate Professor Stjepan Orhanović, PhD
3. Assistant Professor Nikola Marangunić, PhD
4. Professor Dragica Trivić, PhD
5. Assistant Professor Ivana Anđelić, PhD

Thesis accepted: 22nd of May, 2024.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI OKVIR	4
2.1. Nastava Kemije u hrvatskom školstvu	4
2.2. Uvjerenja o poučavanju	7
2.2.1. Definicija i priroda uvjerenja	7
2.2.2. Uvjerenja o poučavanju i budući nastavnici	9
2.2.3. Prikaz uvjerenja o poučavanju	11
2.3. Metodičko znanje (MZ)	13
2.3.1. Definicija i priroda metodičkog znanja	13
2.3.2. Konsenzusni i revidirani konsenzusni model	17
2.3.3. Metodičko znanje i budući nastavnici	23
2.3.4. Prikaz metodičkog znanja	26
2.3.5. Kemijski koncepti (Big Ideas) – čestična priroda tvari	29
2.4. Predmet i cilj istraživanja te istraživačka pitanja	33
3. METODOLOGIJA	35
3.1. Struktura i nacrt istraživanja	35
3.2. Paradigma i metodološki pristup	37
3.3. Uzorak	38
3.4. Prikupljanje i analiza podataka	42
3.4.1. Prikupljanje i analiza podataka vezanih uz uvjerenja o poučavanju kemije	43
3.4.2. Prikupljanje i analiza podataka vezanih uz metodičko znanje	44
4. REZULTATI	49
4.1. Uvjerenja	49
4.1.1. Uvjerenja o organizaciji nastave	50
4.1.2. Uvjerenja o ciljevima nastave	51

4.1.3. Uvjerenja o učenju	52
4.2. Metodičko znanje	54
4.2.1. Početna faza – prva faza ispitivanja	55
4.2.2. Međufaza – druga faza ispitivanja	60
4.2.3. Treća faza istraživanja – konačna faza	66
4.2.4. Prikaz dominante razine metodičkog znanja u različitim fazama istraživanja po sveučilištima	73
4.2.4.1. Sveučilište A	73
4.2.4.2. Sveučilište B	76
4.2.4.3. Sveučilište C	79
5. RASPRAVA	85
5.1. Uvjerenja	85
5.2. Metodičko znanje	87
6. ZAKLJUČAK	94
7. LITERATURA	96
8. PRILOZI	112
9. ŽIVOTOPIS	156

POPIS TABLICA

Tablica 1. Razlike uvjerenja i znanja (prema Savasci-Acikalin, 2009)	1
Tablica 2. Odnos znanja i uvjerenja (prilagođeno od Alexander i Dochy (1995), prema Jones i Leagon (2014))	2
Tablica 3. Usporedba Nacionalnog obrazovnog kurikulumu nastavnog predmeta Kemija	5
Tablica 4. Definicije uvjerenja	7
Tablica 5. Zaključci o uvjerenjima (Pajares, 1992)	8
Tablica 6. Kategorizacija i kraći opis znanja nastavnika prema Shulmanu (1986)	13
Tablica 7. Opis domena metodičkog znanja (Magnusson i sur., (1999))	15
Tablica 8. Razlike metodičkog znanja prema Shulmanu i prema revidiranom konsenzusnom modelu	19
Tablica 9. „Raspakiravanje“ koncepta (Loughran i sur., 2012)	27
Tablica 10. Opis razina kemijskog tripleta	31
Tablica 11. Nacrt istraživanja po etapama	36
Tablica 12. Raspored ispunjavanja upitnika na svakom od sveučilišta	36
Tablica 13. Odlike nastavničkih studijskih programa	38
Tablica 14. Raspored odvijanja kolegija po semestrima tijekom ukupnog sveučilišnog obrazovanja (10 semestara integriranog studija ili preddiplomskog/diplomskog studija)	39
Tablica 15. Opći podaci o ispitanicima	40
Tablica 16. Kategorizacija uvjerenja	44
Tablica 17. Razine metodičkog znanja	46
Tablica 18. Usporedba dominantne razine metodičkog znanja iskazane na svakom od sveučilišta u početnoj fazi istraživanja (žuta = prva razina MZ, plava = druga razina MZ, zelena = treća razina MZ)	58
Tablica 19. Usporedba dominantne razine metodičkog znanja iskazane na svakom od sveučilišta u međufazi (žuta = prva razina MZ, plava = druga razina MZ, zelena = treća razina MZ)	63
Tablica 20. Usporedba dominantne razine metodičkog znanja iskazane na svakom od sveučilišta u konačnoj fazi istraživanja (žuta = prva razina MZ, plava = druga razina MZ, zelena = treća razina MZ)	70
Tablica 21. Usporedba dominantne razine metodičkog znanja iskazane na Sveučilištu A u svim fazama istraživanja (žuta = prva razina MZ, plava = druga razina MZ, zelena = treća razina MZ)	73

Tablica 22. Usporedba dominante razine metodičkog znanja iskazane na Sveučilištu B u svim fazama istraživanja (žuta = prva razina MZ, plava = druga razina MZ, zelena = treća razina MZ)	76
Tablica 23. Usporedba dominante razine metodičkog znanja iskazane na Sveučilištu C u svim fazama istraživanja (žuta = prva razina MZ, plava = druga razina MZ, zelena = treća razina MZ)	79
Tablica 24. Rezultati ispitanika Sveučilišta C koji su sudjelovali u svim etapama istraživanja (žuta i 1 = prva razina MZ, plava i 2 = druga razina MZ, zelena i 3 = treća razina MZ)	83
Tablica 25. Primjeri DASTT-C uz kombinaciju šifri	147

POPIS SLIKA

Slika 1. Domene metodičkog znanja prema Magnusson i sur. (1999)	14
Slika 2. Metodičko znanje – struktura CM prema Kind i Chan (2019)	18
Slika 3. Prikaz RCM modela metodičkog znanja (prilagođeno od Carlson i sur., 2019)	20
Slika 4. Kemijski triplet	31
Slika 5. Rezultati o Uvjerenjima o organizaciji nastave	50
Slika 6. Rezultati uvjerenja o ciljevima nastave	51
Slika 7. Rezultati uvjerenja o učenju	52
Slika 8. 3D prikaz rezultata iz sve tri faze istraživanja.	53
Slika 9. Metodičko znanje budućih nastavnika kemije o čestičnoj prirodi tvari u početnoj fazi istraživanja	55
Slika 10. Metodičko znanje budućih nastavnika kemije o čestičnoj prirodi tvari u međufazi istraživanja	61
Slika 11. Metodičko znanje budućih nastavnika kemije o čestičnoj prirodi tvari u konačnoj fazi istraživanja	67

1. UVOD

Promjene koje se događaju u Hrvatskoj od osamostaljenja preko pristupnih pregovora s EU i samog ulaska u istu utjecale su i na obrazovni sustav. Kako bi obrazovanje bilo u skladu sa suvremenim teorijama učenja i poučavanja, sukladnom novijim istraživanjima, potrebno je izvršiti određene preinake, odnosno reforme obrazovnog sustava. Ključnu ulogu u provedbi obrazovnih reformi imaju upravo nastavnici (De Jong, 2007). Oni su i ključna karika u obrazovnom lancu, spona koja povezuje, primjerice, ministarstvo obrazovanja, školske udžbenike i učenike. Stoga bi upravo nastavnici trebali biti polazišna točka promjena u obrazovnom sustavu. No što je ono što utječe na rad nastavnika u samoj učionici?

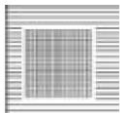
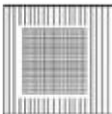
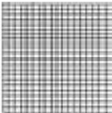
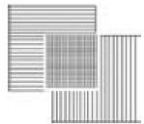
Aktivnosti nastavnika u razredu, kao i utjecaj na iste, razmatrane su s različitih gledišta. Praktična znanja nastavnika, prema Meijeru i sur. (2002), čine *znanja* i *uvjerenja* u kombinaciji s interaktivnom spoznajom. Obzirom na sličnost oba pojma, da su to iskustvom stečene informacije koje se nastavljaju u samoj osobi (Anderson, 1980), ponekad može doći do miješanja tih pojmova ili pogrešnog tumačenja. Za razliku od Andersona, Nespor (1987) razdvaja pojmove znanja i uvjerenja te uvjerenja smatra okvirom obrazovnih istraživanja. Sažet prikaz razlika te usporedbe osnovnih karakteristika, kako uvjerenja tako i znanja, dan je u Tablici 1. (prema Savasci-Acikalin, 2009).

Tablica 1. Razlike uvjerenja i znanja (prema Savasci-Acikalin, 2009)

Uvjerenja	Znanja
Odnose se na pretpostavke, opredjeljenja i ideologije.	Odnosi se na činjenične tvrdnje i shvaćanja radnih vještina.
Ne zahtijevaju uvjet istinitosti.	Mora zadovoljiti uvjet istinitosti.
Temelje se na procijenjenim činjenicama.	Temelje se na objektivnim činjenicama.
Ne mogu biti evaluirana.	Mogu biti evaluirana.
Epizodni koncepti nastali na temelju osobnog iskustva, znanja i okoline.	Pohranjena u semantičkim mrežama.
Statična, postojana.	Promjenjiva.

Jones i Leagon (2014) navode istraživanje Alexander i Dochy (1995) o dihotomiji uvjerenja i znanja te njihovom međusobnom odnosu pomoću slikovnih dijagrama (Tablica 2.). Većina ispitanika odabrala je preklapanje znanja i uvjerenja (Dijagram 5) što ukazuje da su uvjerenja i znanja istovremeno i neovisna i integrirana.

Tablica 2. Odnos znanja i uvjerenja (prilagođeno od Alexander i Dochy (1995), prema Jones i Leagon (2014))

Prikaz mogućih odnosa znanja i uvjerenja		Pojašnjenje
Dijagram 1: neovisni		Znanja i uvjerenja dva su neovisna i nepovezana konstrukta.
Dijagram 2: podređenost znanja		Znanje je jedna od komponenti uvjerenja.
Dijagram 3: podređenost uvjerenja		Uvjerenja su jedna od komponenti znanja.
Dijagram 4: neodvojivi		Znanja i uvjerenja se preklapaju u potpunosti te su međusobno nerazlučivi.
Dijagram 5: preklapanje		Znanja i uvjerenja se djelomično preklapaju i imaju nešto zajedničko, ali zadržavaju i odvojeni dio.
Legenda	 Znanja Uvjerenja Znanja i Uvjerenja	

Hutner i Markman (2017) ukazuju da se znanja i uvjerenja o poučavanju aktiviraju samo kada su u skladu s nekim postavljenim ciljem. Stoga, iako nastavnik može imati znanja i/ili uvjerenja koja su u skladu s koherentnom nastavnom (prirodoslovlja), ista možda neće biti aktivna ukoliko ne postoji neki cilj. Primijećeno je da se ciljevi razlikuju od nastavnika do nastavnika i, prije svega, ovise o radnom iskustvu (npr. nastavnici početnici često žele impresionirati svoje učenike ili kolege, nastavnici s duljim iskustvom vođeni su često standardiziranim testovima koji se provode...). Jedan od ciljeva nastavnika metodike je i da budućim nastavnicima pruža podršku prilikom definiranja njihovih ciljeva poučavanja (Hutner i sur., 2019).

Većina obrazovnih istraživanja o znanjima nastavnika bazira se na Shulmanovu (1986) istraživanju usmjerenom na dokazivanje složenosti poučavanja i učenja kao i prijenosa znanja. Time se ujedno i razvija teorijski okvir za kategorizaciju znanja, prvenstveno o poučavanju.

Poučavanje nije samo puklo iznošenje činjenica već je to aktivan proces formiranja koncepata (Mondal i Chakraborty, 2013). Samim time metodičko znanje, tijekom godina, postaje jedno od glavnih područja obrazovnih istraživanja, posebno u prirodnim znanostima čime dolazi i do boljeg razumijevanja nastave prirodoslovlja (Berry i Loughran, 2010).

Kako bi učenici što uspješnije usvojili nastavne sadržaje nastavnici trebaju planirati svoje aktivnosti prema potrebama i postignućima samih učenika, u skladu s okruženjem u kojem se poučavanje odvija te sukladno novijim i suvremenim teorijama obrazovanja. Ono što, svjesno ili ne, utječe na samo nastavničko ponašanje u procesu poučavanja jesu njihova uvjerenja o poučavanju, kao i njihovo metodičko znanje. Prije svega, važno je buduće nastavnike osvijestiti o postojanju istog. Stoga cilj metodike nastave nije samo stjecanje teorijskih znanja ili stvaranje zbirke nastavnih aktivnosti primjenjivih u učionici, već i osvješčivanje (budućih) nastavnika o njihovim uvjerenjima i metodičkom znanju. Naglasak bi trebao biti na metodičkom znanju specificiranih tema, odnosno kako da učenici usvoje nova saznanja njima razumljivim i prihvatljivim načinom uz korištenje ciljanih nastavnih materijala i pomagala. Kao što navode Abell (2008) i Kind (2009), upravo je razumijevanje uvjerenja i metodičkog znanja budućih nastavnika ključno za kreiranje sveučilišnih obrazovnih programa za nastavnička zanimanja.

Vodeći se time, fokus ovog rada bit će upravo metodičko znanje i uvjerenja budućih nastavnika kemije. Premda je znanstvena literatura bogata informacijama o uvjerenjima i metodičkom znanju (budućih) nastavnika, što je vidljivo u narednom poglavlju, do sada nije provedeno niti jedno takvo obrazovno istraživanje na području Hrvatske. Istraživanje se provodi među studentima nastavničkih studija kemije, odnosno budućim nastavnicima kemije u periodu obrazovnih reformi i promjena. Predmet istraživanja jesu uvjerenja i metodičko znanje budućih nastavnika kemije, odnosno detekcija sklonosti uvjerenja o učenju i poučavanju te određivanje razine metodičkog znanja. Za ostvarivanje cilja odabrana je jedna generacija studenata na svim fakultetima tj. sveučilištima koja obrazuju buduće nastavnike kemije u Hrvatskoj te je istraživanje provedeno, ovisno o kolegiju Metodika nastave kemije (MNK), u nekoliko vremenskih točaka (prije, tijekom i po završetku istog). Polazna radna hipoteza je da budući nastavnici, prije samog kolegija Metodike nastave kemije, posjeduju određena (nesvjesna) uvjerenja i metodičko znanje te da na ista utjecaj ima i sama nastava kolegija Metodike nastave kemije.

2. TEORIJSKI OKVIR

2.1. Nastava Kemije u hrvatskom školstvu

Kemija se javlja kao obavezan nastavni predmet u posljednje dvije godine osnovne škole (7. i 8. razred). Učenici tijekom te dvije godine stječu osnovna znanja iz kemije: znanja o tvarima, kemijskim reakcijama, atomima kao i osnovne laboratorijske vještine kroz izvođenje pokusa. Nastava Kemije u srednjoškolskom obrazovanju ovisi o tipu srednje škole; dok je u gimnazijskom programu obavezan predmet kroz sve četiri godine školovanja, u strukovnim školama njena zastupljenost ovisi o vrsti strukovne škole i usmjerenju te o tome ovisi i sam obim i dubina nastavnih sadržaja.

Obrazovni sustav Republike Hrvatske u posljednjih je tridesetak godina prošao kroz nekoliko promjena, sukladno promjenama u drugim sustavima (političkom, kulturnom, gospodarskom...). Shodno tome, kako navodi Ožić (2019), i sam obrazovni sustav može se promatrati kroz tri vremenska perioda: nakon osamostaljenja Hrvatske, u periodu pristupanja Europskoj uniji te nakon članstva u njoj. Tijekom tih godina dolazilo je nekoliko (pokušaja) promjena u obrazovnom sustavu. Prvi je od takvih, primjerice, HNOS – Hrvatski nacionalni obrazovni standard koji je uključivao reformu obrazovanja u osnovnoj školi, zatim Kurikularna reforma¹ (uključivala je reformu i primarnog i sekundarnog obrazovanja) pod vodstvom Borisa Jokića (2016) koja nije zaživjela u praksi te Škola za život – cjelovita kurikularna reforma² koja se oslanja na Jokićevu, no uz određene dopune i preinake. Potonje dvije događaju se poslije pristupanja Hrvatske EU te su nacionalni kurikulumi prilagođeni strategijama EU, suvremenim pristupima učenju i poučavanju kao i kompetencijama za cjeloživotno obrazovanje (npr. temeljne kompetencije u prirodnim znanostima, digitalne kompetencije, kompetencije učenja...). Glavne odlike *starog* (u upotrebi do 2019. godine u većini razreda) te *novog* kurikuluma (u upotrebi od školske godine 2019./2020. godine s postepenim uvođenjem u pojedine razrede kroz naredne školske godine) u osnovnoj i srednjoj školi gimnazijskog usmjerenja dane su u Tablici 3.

¹ <http://www.kurikulum.hr/>

² <https://skolazazivot.hr/kurikulumi-2/>

Tablica 3. Usporedba Nacionalnog obrazovnog kurikuluma nastavnog predmeta Kemija

	Stari kurikulum (do 2019.)	Novi kurikulum (od 2019.)
Raspored	7. i 8. razred OŠ 1.-4. razred SŠ (gimnazija)	7. i 8. razred OŠ 1.-4. razred SŠ (gimnazija)
OŠ	• Tvari i njihova svojstva • Kemijske reakcije • Atom i Periodni sustav elemenata • Kinetika kemijskih reakcija • Osnove organske kemije i biokemije (ugljikovodici, spojevi s kisikom, ugljikohidrati, proteini) • Ekološke teme	Tri makro koncepta: (i) Tvari, (ii) Promjene i procesi, (iii) Energija objedinjeni Prirodnoznanstvenim pristupom te uz Međupredmetne teme. • Tvari i njihova svojstva (naglasak na praktičnom radu) • Kemijske reakcije • Atom i PSE • Osnove organske kemije • Ekološke teme • Kemija u svakodnevnom životu
SŠ	1. razred: opća kemija (građa atoma, PSE, osnove kemijskog računa, stehiometrija, kemijske veze) 2. razred: fizikalna kemija (termokemija, tekućine i otopine, kinetika i ravnoteža kemijskih reakcija, kiseline, baze i soli) 3. razred: elektrokemija i redoks reakcije, anorganska kemija (kemija elemenata 1., 2, 14.-17. skupine te odbaranih prijelaznih metala: Fe, Al, Cu) 4. razred: organska kemija (ugljikovodici, organski spojevi s kisikom, organski spojevi s dušikom, osnove biokemije)	Tri makrokoncepta: (i) Tvari, (ii) Promjene i procesi, (iii) Energija objedinjeni Prirodnoznanstvenim pristupom te uz Međupredmetne teme. 1. razred: građa atoma, kemijske veze, osnove kemijskog računa, svojstva tvari (čvrste, tekuće, plinovite tvari) 2. razred: termokemija, otopine i njihova svojstva, kemijska kinetika, organska kemija (ugljikovodici), reakcije metala i nemetala 3. razred: elektrokemija i redoks reakcije, kiseline, baze i soli, kemijska ravnoteža, organska kemija (spojevi s kisikom) 4. razred: Elektromagnetsko zračenje i tvari (obavezna tema) te dvije izborne teme (Kemija okoliša, Kemija odabranih biomolekula, Kemija koloida, Znanost o materijalima)
Evaluacija	Usmena provjera znanja Pisana provjera znanja Praktična primjena znanja	Usvojenost kemijskih koncepata Prirodnoznanstveni pristup

Učenik je taj na kojeg je usmjerena nastava, dok je nastavnik onaj koji je moderator aktivnosti koje se provode u učionici. Učenje otkrivanjem, s pokusom kao središnjom aktivnošću nastavnog sata, trebao bi biti glavni temelj i izvor novih znanja koja nadograđuju već postojeća znanja (Gormally i sur., 2009). Time se, kroz nastavu usmjerenu na učenika i nadogradnju koncepata s godinama, dobiva spiralni kurikulum. Kvalitetno poučavanje prirodoslovlja, kako na temelju višegodišnjih istraživanja navode Nordine i sur. (2021), uključuje učenje kroz suradnička istraživanja znanstvenih fenomena i ideja koji su smisleni i relevantni učenicima

kroz njima bliske kontekste vodeći se temeljnim znanstvenim konceptima koji se nadograđuju i proširuju kroz godine.

Navedene reforme nisu direktno uključivale i tercijarno obrazovanje, iako ono uključuje obrazovanje budućih nastavnika, odnosno dionika primarnog i sekundarnog obrazovanja. Tijekom godina pokazalo se da općenito nastavnici, tako i nastavnici kemije, imaju ključnu ulogu u samom nastavnom procesu te provedbi različitih obrazovnih reformi (De Jong, 2007). S ciljem da se istraži pripremljenost budućih nastavnika na novije i suvremene pristupe učenju i poučavanju samo je istraživanje provedeno između Kurikularne reforme (koja nije zaživjela u praksi) te Škole za život. Način na koji nastavnik poučava uvelike utječe na realizaciju ishoda učenja, odnosno na učenička postignuća i njihovu uspješnost u daljnjem školovanju. A ono što, ponajprije, utječe na poučavanje samog nastavnika jesu njegova uvjerenja o učenju i poučavanju kao i njegovo metodičko znanje.

2.2. Uvjerenja o poučavanju

2.2.1. Definicija i priroda uvjerenja

Bolje shvaćanje i razumijevanje obrazaca ljudskog ponašanja i djelovanja omogućuju upravo istraživanja o uvjerenjima. Thompson (1992) navodi da su prvi pokušaji istraživanja uvjerenja zabilježeni već početkom 20. stoljeća, no tek krajem osamdesetih, prema Markić (2008), dolazi do aktualizacije tog pitanja i u nastavi prirodoslovlja i u obrazovnim istraživanjima. Jedan od razloga zasigurno je razvoj biheviorizma početkom prošlog stoljeća, dok kasnijim odmakom ka konstruktivizmu, prema kojem znanje nastaje interakcijom postojećih mentalnih struktura i vanjskih podražaja, uvjerenja ponovno dolaze u fokus u obrazovnim krugovima (Kang i Keys, 2000). Mnogo je različitih definicija uvjerenja, a neke od njih dane su u Tablici 4.

Tablica 4. Definicije uvjerenja

Autor	Definicija uvjerenja
Dewey (1933)	"... nešto izvan samog sebe, kojim se testiraju vlastite vrijednosti: čine tvrdnju o nekoj činjenici ili nekom principu ili zakonu. Obuhvaćaju sve stvari o kojima nemamo dovoljno znanja i za koje još nismo dovoljno sigurni da imaju učinka, a bitno je da ih sada prihvaćamo kao sigurnu istinu, kao znanje, ali koje se ipak može dovesti u pitanje u budućnosti..."
Goodenough (1963)	"... uvjerenja [...] su prihvaćena kao pokazatelji procjene budućnosti, navode se u prilog odluci, ili se spominju u prosuđivanju o ponašanju (utjecaju) drugih."
Richardson (1996)	"... oblik znanja koji je osobno izvediv, u smislu da omogućuje osobi da zadovolji svoje ciljeve ..."
Schoenfeld (1992, 1998)	"... razumijevanje i osjećaji pojedinca koji oblikuju načine na koje pojedinac konceptualizira i djeluje..." (1992) "... mentalni konstrukti koji predstavljaju kodifikaciju ljudskog iskustva i razumijevanja. Nastavnici imaju uvjerenja o sebi, prirodi intelektualne sposobnosti, prirodi predmeta koji poučavaju, o učenju... Ljudska uvjerenja oblikuju ono što percipiraju u bilo kojem nizu okolnosti, što smatraju mogućim ili prikladnim u tim..." okolnostima kao i ciljevi koji proizlaze iz tih okolnosti te može bitno stečena znanja..." (1998)

Uvjerenja su okarakterizirana kao procjenjiva, iznimno osoba i stabilna, nešto što je izvan dosega kontrole pojedinca te nije podložno uvjeravanju (Nespor, 1987). Duboko su ukorijenjena u životopisnim sjećanjima na iskustvo iz prošlosti te stvaraju idealnu ili alternativnu situaciju koja se može razlikovati od same stvarnosti. Prema Markić (2008, str. 320) Nespor za uvjerenja spominje i *"...kritičko iskustvo..."*, koje *"...formira epizodno sjećanje bogato detaljima, a koje kasnije služi budućem nastavniku kao inspiracija i obrazac za njegovu nastavnu praksu i djelovanje..."*. O'Loughlin i Campell (1988) podržavaju utjecaj osobnih

iskustva na formiranje uvjerenja, dok Richardson (2003) uvjerenja definira kao psihološki održana razumijevanja, pretpostavke ili prijedloge o svijetu koji se smatraju istinitim. U svrhu ove disertacije definicija uvjerenja prilagođena je onoj danoj kod Markić (2008): *"...Uvjerenja su osobni konstrukti nastali pod utjecajem iskustva, znanja i okoline..."*. Na uvjerenja se gleda kao na mentalne predodžbe (budućih) nastavnika koje su odvojene od znanja, nešto što utječe na ponašanje osobe kao nastavnika (kemije).

Utjecaj uvjerenja na sam obrazovni i nastavni proces je višestruk. Uvjerenja nastavnika utječu na samu percepciju znanosti, a samim time i na njenu prezentaciju, tj. nastavu te ujedno i na mogućnosti učenika za učenje (Roth i sur., 2006). Također utječu i na ustroj znanja i informacija koje posjeduju sami nastavnici što doprinosi boljoj prilagodbi, razumijevanju i osjećaju za samog sebe kao nastavnika (Schomer, 1990). Prema Banduri (1986) ona su pokazatelj nečijeg ponašanja, odlučivanja i djelovanja. Uvjerenja o poučavanju uključuju i specijalizirana uvjerenja ovisno o prirodi predmeta koji se poučava te utječu na interakcije između nastavnika i učenika (Koballa i sur., 2000); percipiraju se kao most između pojedinca i okoline (Pajares, 1992; Törner 2002).

Schommer-Aikins (2004) uspoređuje uvjerenja s (iz)nošenom odjećom – s vremenom i upotrebom sve je veće zadovoljstvo koje se postiže. No ukoliko se ukaže potreba za djelovanjem i promjenom samih uvjerenja ovo stvara i potencijalni problem. Stoga je važno da su sami (budući) nastavnici svjesnih svojih uvjerenja koja trebaju biti u skladu sa suvremenim teorijama odgoja i obrazovanja (Shulman, 1987) te da djeluju u skladu s istima. Sažetak zaključaka o uvjerenjima prema Pajaresu (1992) dan je u Tablici 5.

Tablica 5. Zaključci o uvjerenjima (Pajares, 1992)

Zaključci o uvjerenjima
• Rano formiranje uvjerenja i tendencija samojavljanju. Najčešće ostaju očuvana tijekom vremena, kroz iskustvo i obrazovanje. • Ljudi razvijaju svoj sustav uvjerenja koji sadrži uvjerenja nastala pod kulturološkim utjecajem. • Prioritet uvjerenja je prema njihovoj povezanosti ili odnosu prema drugim uvjerenjima. • Što je vrijeme formiranja uvjerenja ranije to ih je teže promijeniti. • Relativno je rijetka promjena uvjerenja u odrasloj dobi. • Uvjerenja snažno utječu na percepciju. • Uvjerenja pojedinaca snažno utječu na njihovo ponašanje. • Uvjerenja o poučavanju većinom su formirana u trenutku dolaska na fakultet. • Ključna je uloga uvjerenja u planiranju nastavnih procesa te odabiru strategija, metoda i pomagala za realizaciju istih.

Uvjerenja nastavnika, i onih budućih i onih koji već jesu u obrazovnom sustavu, sve su više u fokusu obrazovnih istraživanja u novije vrijeme (De Jong, 2007). Tako Calderhead (1996) navodi pet različitih, no međusobno povezanih, područja istraživanja uvjerenja: (i) Uvjerenja o učenicima i učenju, (ii) Uvjerenja o poučavanju, (iii) Uvjerenja o predmetu poučavanja, (iv) Uvjerenja o metodici nastave te (v) Uvjerenja o ulozi nastavnika u nastavnom procesu. Gunstone i sur. (1988) i Johnson (1988) identificiraju tri interesna područja uvjerenja: (i) Uvjerenja o procesima poučavanja i učenja, (ii) Uvjerenja o prirodi znanosti i znanju predmetnog sadržaja i (iii) Uvjerenja o ulozi nastavnika u nastavnom procesu. Boulton-Lewis i sur. (2001), kao što je navedeno u Markić (2008), navode četiri koncepta vezana za procese učenja: (i) stjecanje i reprodukcija sadržaja/vještina, (ii) razvoj i primjena vještina, (iii) razvoj razumijevanja kod učenika u procesu učenja i (iv) transformacija učenja. Njih pak nadopunjuju četiri uvjerenja o poučavanju: (i) prijenos sadržaja/vještina, (ii) razvoj vještina/razumijevanja sadržaja, (iii) olakšavanje razumijevanja samih učenika kao učenika te (iv) transformacija učenika.

Uvjerenja nastavnika trebala bi biti u skladu s novim i suvremenim pristupima poučavanju i učenju što često nije tako (Czernak i sur., 1999; Prawat, 1992). Istraživanja pokazuju da su koncepti nastavnika o poučavanju sofisticiraniji nego li njihove ideje o učenju.

2.2.2. Uvjerenja o poučavanju i budući nastavnici

Na početku svog akademskog obrazovanja buduće je nastavnike potrebno najprije osvijestiti o postojanju njihovih uvjerenja. Oni često imaju niz (ne)svjesnih uvjerenja koja su najčešće ukorijenjena već prilikom dolaska na studij, a temelje se na njihovom ranijem iskustvu (Markić i Eilks, 2008; Smith, 2005). Ta *donesena* uvjerenja utječu na njihovo gledište vlastitog obrazovanja i edukacije, a samim time i na njihovo poučavanje u školi jednog dana. Baš zbog toga, jedan od zadataka i općih edukacijskih kolegija i metodike nastave jest, prije svega, osvijestiti studente o postojanju uvjerenja te ih razvijati u skladu s novijim obrazovnim trendovima i reformama, a ukoliko je to potrebno, također i raditi s budućim nastavnicima na prevladavanju početnih uvjerenja koja su najčešće tradicionalna uvjerenja o učenju i poučavanju (Choi i Ramsey, 2010).

Al-Amoush i sur. (2014) daju pregled različitih istraživanja o uvjerenjima iskusnih nastavnika i onih s manje iskustva (na početku nastavničke karijere), o učincima uvjerenja nastavnika o

njihovim aktivnostima u samoj nastavi, o uvjerenjima samih nastavnika iz prakse (škola) i budućih nastavnika (studenata nastavničkih smjerova). Istraživanja o uvjerenjima budućih nastavnika mogu se naći i kod Buldur (2017), Markić i Eilks (2013), Bursal (2010), Markić (2008). Države u kojima su provedena istraživanja razlikuju se u svojoj strukturi (političkoj, gospodarskoj, kulturološkoj), a samim time i po svojim obrazovnim sustavima. Navedena istraživanja provedena su u različitim obrazovnim sustavima i različitim obrazovnim pozadinama te ih je ponekad teško uzeti kao mjerilo za usporedbu, odnosno prilikom tumačenja istih potrebno je voditi računa o (obrazovnoj) strukturi države u kojoj su provedena. Na to ukazuje i istraživanje od Al-Amoush i sur. (2014) koje uspoređuje uvjerenja o poučavanju kemije nastavnika iz različitih zemalja i ukazuje na postojanje velikih razlika u uvjerenjima istih. Američke i turske studente nastavničkih studija obuhvaća istraživanje od Cakiroglua i sur. (2005) koje ukazuje na slične rezultate o različitosti uvjerenja. Istraživanje Uzuntiryaki i sur. (2009) govori o nedostatku uvjerenja o konstruktivizmu, u nastavi prirodnih znanosti. S druge strane, istraživanje od Caleon i sur. (2018) ukazuje da iskusniji nastavnici pokazuju uvjerenja o poučavanju više orijentirana ka konstruktivističkom načinu poučavanja prirodnih znanosti. Pregled obrazovnih istraživanja o primjeni i napretku uvjerenja nastavnika dan je od strane Bryan (2012). Do utjecaja na uvjerenja (budućih) nastavnika dolazi i kroz sveučilišne programe za obrazovanje budućih nastavnika, ali i kroz obrazovne reforme. Prema Greene i Yu (2016), epistemiološka uvjerenja (uvjerenja o znanju), imaju veliki utjecaj na definiranje različitih tipova znanja od strane (budućih) nastavnika. Također je dokazan i njihov utjecaj na samu nastavnu praksu (Ferguson i Lunn Brownlee, 2018; Brownlee i sur., 2011) i rad u razredu (Feucht, 2010; Schommer-Aikins, 2004). Na razlike uvjerenja nastavnika različitog kulturološkog podrijetla unutar jedne zemlje ukazuju istraživanja Alexander (2001), Markić i sur. (2016) ili Woolfolk-Hoy i sur. (2006). Demirbag i Bahcivan (2021) istražuju modeliranje uvjerenja budućih nastavnika, dok se Schafer i sur. (2021) bave uvjerenjima poučavanja kemije nastavnika iz prakse.

Ferguson i Lunn Brownlee (2018) navode kako uvjerenja o poučavanju imaju utjecaj na usvajanje novih znanja tijekom samog studija i primjenu istih u nastavnoj praksi. Uvjerenja budućih nastavnika, bila ona svjesna ili ne, utjecat će na njih same i njihovu organizaciju nastave jednog dana. Nordine i sur. (2021) navode nekoliko istraživanja koja ukazuju da nastavnici s manje iskustva u nastavi lako napuštaju uvjerenja o učenju i poučavanju koja su stekli tijekom studijskog obrazovanja. Kind (2015) u svom radu navodi kako i kod iskusnijih nastavnika prirodnih znanosti mogu prevladavati općenitija uvjerenja o učenju i poučavanju

koja nisu toliko u skladu sa suvremenim teorijama odgoja i obrazovanja. To uključuje, primjerice, uvjerenja koja su više orijentirana na nastavnika kao središte samog procesa poučavanja ili uvjerenja koja imaju kriva poimanja znanstvenih činjenica. Stoga ona predlaže da se više pažnje tijekom nastavničkih kolegija na studiju posveti i poznavanju stručnog sadržaja predmeta i kako isti najbolje poučavati, odnosno na povezivanju uvjerenja i metodičkog znanja samih budućih nastavnika. Tako je jedan od ciljeva obrazovanja budućih nastavnika, prema Fenstermacheru (1979), budućim nastavnicima, ali i onima na početku svoje nastavničke karijere, pomoći u detekciji njihovih nedefiniranih uvjerenja i samom osvješćivanju istih te ih preobraziti u nepristrana i razborita uvjerenja. De Jong (2007) ukazuje kako bi u središtu obrazovnih istraživanja trebala biti uvjerenja budućih nastavnika, pogotovo onih koji poučavaju prirodne znanosti.

2.2.3. Prikaz uvjerenja o poučavanju

Razlog postojanja različitih instrumenata za detekciju, procjenu i analizu uvjerenja uvjetovan je potencijalnim poteškoćama kao što su, primjerice, oklijevanje kod izražavanja uvjerenja, osobito ako su ona nepopularna ili nepoželjna ili pak neprikladna terminologija u istim (Wehling i Charters, 1966). Popis instrumenata za detekciju i procjenu nastavničkih uvjerenja dan je kod Markić (2008). Lederman (1992) ukazuje da kvalitativne metode daju bolje rezultate nego li kvantitativne metode. Kao neki od mogućih nedostataka analize, prema Fischleru (2001), navode se evaluacijska nefleksibilnost i nemogućnost prikaza povezanosti uvjerenja i prakse. Još jedan od ograničavajućih faktora je pisani tekst kao izvor informacije. Wilson i Wilson (1979) navode da je bolji izvor informacije slika, odnosno crtež koji omogućuje da se brzo i lako dobije uvid u uvjerenja (budućih) nastavnika. Crtež se navodi kao svojevrsni *snapshot* za detekciju i evaluaciju nastavničkih uvjerenja koji se formiraju i nastaju kroz godine i pod različitim utjecajima (Markić i Eilks, 2015).

Danas se za detekciju i procjenu uvjerenja koristi dijagnostički instrument *Draw-A-Scientist-Test Checklist* (DASTT-C) koji je prošao nekoliko etapa razvoja i dorade. Prvu verziju, Goodenoughov (1926) *Draw-A-Man-Test*, Chambers (1983) dopunjuje i pretvara u *Draw-A-Scientist-Test* (DAST) koji pak biva modificiran od strane Finson i sur. (1995) s ciljem odmaka od stereotipnih prikaza i dobivanja realističnijeg prikaza sredinom 90-ih. Obilježja nastavnika prirodoslovlja, odnosno pitanje o aktivnostima nastavnika i učenika, u instrument dodaju Thomas i sur. (2001). Zadatak je sudionika istraživanja nacrtati jedan optimalan trenutak svog

nastavnog sata (kemije) te odgovoriti na pripadna pitanja otvorenog tipa. Više o samom instrumentu korištenom za istraživanje rečeno je u 3.4.1.

Nastava usmjerena na učenika i nastava usmjerena na nastavnika dvije su ideologije predložene od Van Driel i sur. (2007) kao ideologije primjenjive u istraživanjima. Temeljem analiza metodički prikupljenih podataka Markić i Eilks (2008) predlažu i uvode nove pojmove: tradicionalna uvjerenja i suvremena uvjerenja. I dok su tradicionalna uvjerenja ona temeljena na učenju kao prijenosu podataka i s naglaskom na znanje samog predmetnog sadržaja, suvremena odlikuje konstruktivistički pristup učenju i poučavanju uz nastavne aktivnosti orijentirane na učenika te razvoj meta kognitivnih vještina i znanstvene pismenosti.

2.3. Metodičko znanje (MZ)

2.3.1. Definicija i priroda metodičkog znanja

Metodičko znanje predmeta (*eng. Pedagogical Content Knowledge*) amalgam je znanja o sadržaju nastavnog predmeta i pedagoškog znanja koje Shulman (1986) koncipira kao: "... najbolje i točnije analogije, ilustracije, primjeri, objašnjenja i demonstracije - u jednoj riječ – najbolji način prikaza predmeta koji taj sadržaj čini razumljiv drugima..." i kao takvo jedno je od najvažnijih aspekata razvoja znanja samih nastavnika. Shulmanovo istraživanje (1986) usmjereno dokazivanju složenosti poučavanja, učenja i prijenosa znanja, baza je za većinu obrazovnih istraživanja o znanju nastavnika. On razvija teorijski okvir za kategorizaciju znanja koje nastavnici posjeduju te ga kategorizira u tri kategorije (Tablica 6.).

Tablica 6. Kategorizacija i kraći opis znanja nastavnika prema Shulmanu (1986)

Kategorizacija znanja nastavnika	Opis
Znanje predmetnog sadržaja	• Način razmatranja sadržaja razlikuje se u različitim predmetnim područjima. • Znanje predmetnog sadržaja nadilazi znanje o pojedinačnim konceptima. • Podrazumijeva razumijevanje same strukture sadržaja odnosno povezanost i ovisnosti njegovih elemenata.
Znanje o kurikulumu	• Znanje o programima, nastavnim materijalima usklađenim s programima, razmatranje ishoda i razloga poučavanja.
Metodičko znanje	• Znanje o poučavanju predmetnog sadržaja. • Poseban oblik znanja – znanje potrebno za najprikladnije poučavanje određenog predmetnog sadržaja. • Znanje o poučavanju konkretnih tema, koncepata i ideja (u pojedinom predmetu).

Grossman (1990) proširuje koncept metodičkog znanja te ono uključuje i znanje o učeničkom razumijevanju, znanje o predmetnom kurikulumu kao i znanje o nastavnim strategijama, dok Tamirov (1988) koncept uključuje i znanje o vrednovanju. Pregledne prikaze modela metodičkog znanja nalazimo kod Gess-Newsome (1999), Abell (2007), Kind (2009) i Kind i Chan (2019) dok Neumann i sur. (2018) daju sažeti prikaz razvoja koncepta metodičkog znanja. Tijekom istraživanja vodilo se definicijom danom od Loughran i sur. (2012) koja govori da je to znanje nastavnika koje omogućava stvaranje uvjeta poučavanja i nastave u skladu s potrebama učenika kako bi usvajanje nastavnih sadržaja bilo što uspješnije. De Jong i sur.

(2005) daju različite konceptualizacije metodičkog znanja kroz posljednjih tridesetak godina. Detaljan prikaz istraživanja na tu temu daje pregledni članak Evens i sur. (2015) u kojem i sažet prikaz obrazovnih istraživanja koja obuhvaćaju metodičko znanje. Jedan od najcitiranijih modela, prema Aydin i Demirdögen (2015), jest onaj Magnussona i sur. (1999) koji govori o pet komponenta metodičkog znanja (Slika 1.), a koji je uzet i kao model kojim se vodilo tijekom ovog istraživanja. Opis svake pojedine domene ovog modela dan je u Tablici 7.



Slika 1. Domene metodičkog znanja prema Magnusson i sur. (1999)

Tablica 7. Opis domena metodičkog znanja (Magnusson i sur., (1999) prema Vladušić (2017))

Domena MZ	Opis
Orijentacija prema poučavanju prirodnoslovlja	• Uvjerenja i znanja nastavnika o svrsi i ciljevima poučavanja na određenoj razini obrazovnog sustava - središnja uloga u metodičkom znanju. • Različiti pristupi poučavanju prirodnoslovlja. • Određuje opće ponašanje nastavnika u razredu (Nargund-Joshi i Liu, 2013). • Usprkos provedenim istraživanjima, još uvijek manje definiran koncept domene (Abell, 2007).
Znanje o kurikulumu prirodnoslovlja	• Uključuje: <i>Znanje o općim ciljevima</i> (nacionalni standard) i <i>Znanje o specifičnim ciljevima</i> (nastavni programi). • Shulman (1987) smatra zasebnom kategorijom, Magnusson i sur. (1999) kao dio metodičkog znanja. • Znanje o nastavnim materijalima (razlika nastavnika od pedagoga). • Ključna komponenta znanja budućih nastavnika kemije za pripremu i provedbu nastave (Peterson i Treagust, 1995).
Znanje o učeničkom razumijevanju prirodnoslovlja	• Znanje nastavnika o znanju i poznavanju svojih učenika. • Znanje nastavnika o pogrešnim poimanjima i predodžbama učenika važnim za učenje i poučavanje prirodnoslovlja. • Uključuje <i>Znanje o preduvjetima učenja</i>: znanje nastavnika o potrebnom predznanju i vještinama učenika, pristupima poučavanju, stilovima učenja. • Uključuje <i>Znanje o područjima zahtjevnijim učenicima</i>: znanje nastavnika o sadržajima koji učenicima (potencijalno) stvaraju poteškoće zbog, primjerice, svoje kompleksnosti ili neadekvatnih predznanja i krivih poimanja (i od strane učenika i od strane nastavnika); stječe se iskustvom i opažanjem nastavnog procesa (Pinnegar, 1989); znanje koje najčešće nedostaje nastavnicima, ali se stječe iskustvom (Abell, 2007).
Znanje o nastavnim strategijama i metodama u nastavi prirodnoslovlja	• Znanje o odabiru izvora znanja za razumijevanje kemijskih koncepata na svim razinama kemijskog tripleta (Hilton i Nichols, 2011). • Uključuje <i>Znanje o strategijama nastavnog predmeta</i> – poznavanje strategija za poučavanje prirodnoslovlja; ovisi o samim uvjerenjima nastavnika o poučavanju i učenju (Magnusson i sur., 1999). • Uključuje <i>Znanje o strategijama i metodama karakterističnim za nastavne teme</i> – znanje o upotrebi specifičnih izvora znanja za određenu temu (npr. ilustracije, modeli, analogije) te znanje o specifičnim aktivnostima za usvajanje određene teme (npr. simulacije, eksperimenti, istraživanja); može, ali ne mora biti proporcionalno iskustvu u poučavanju (De Jong i sur., 1995).
Znanje o vrednovanju u nastavi prirodnoslovlja	• Uključuje <i>Znanje o područjima vrednovanja</i> (što vrednovati tijekom pojedine nastavne teme) i <i>Znanje o metodama vrednovanja</i> (na koji način procijeniti i vrednovati znanja o pojedinoj nastavnoj temi). • Pomak ka integriranom modelu (simultana izmjena poučavanja i vrednovanja) s vremenom i iskustvom (Kamen, 1996). • Budući nastavnici pokazuju nedovoljna znanja o vrednovanju (De Jong i sur, 1999; Bektas i sur., 2013 prema Vladušić, 2017).

Metodičko se znanje ne može naučiti iz udžbenika (Loughran, 2006) već se temelji na iskustvu samih nastavnika i njihovom razumijevanju potreba učenika. Znanje je to koje se razvija s vremenom i iskustvom te zadovoljava potrebu za specifičnim pristupom nastavi (Loughran i sur., 2012) te mora biti fleksibilno (Kind i Chan, 2019). Do razvoja istog dolazi pod utjecajem različitih čimbenika (obrazovna okolina, dob učenika, nastavnik, predmet). Grossman (1990) navodi četiri glavna izvora metodičkog znanja:

- (i) znanje predmetnog sadržaja (znanje o predmetu);
- (ii) promatranje nastave (saznanja (budućih) nastavnika o problemima s kojim se susreću nastavnici u praksi);
- (iii) nastavno iskustvo (znanja (budućih) nastavnika o primjeni nastavnih strategija i metoda prilikom obrade određenih nastavnih sadržaja);
- (iv) seminari ili radionice tijekom obrazovanja budućih nastavnika i edukacije nastavnika (kako bi se utvrdio utjecaj na metodičko znanje).

Metodičko znanje, kao i svaki koncept, ima neke svoje nedostatke i prepreke. Neki od njih, prema Loughran i sur. (2004), Baxter i Lederman (1999) i Kagan (1990) su:

- teže je detektirati i specificirati metodičko znanje tijekom kraćeg vremenskog perioda (npr. jedan sat ili jedna nastavna jedinica);
- nereferiranje na odabir nastavnih metoda nastavnika;
- sami nastavnici nisu svjesni svog metodičkog znanja;
- promatranje (nastave) ima ograničeni utjecaj;
- nedostatak zajedničkog vokabulara među nastavnicima (vezano za učenje i poučavanje).

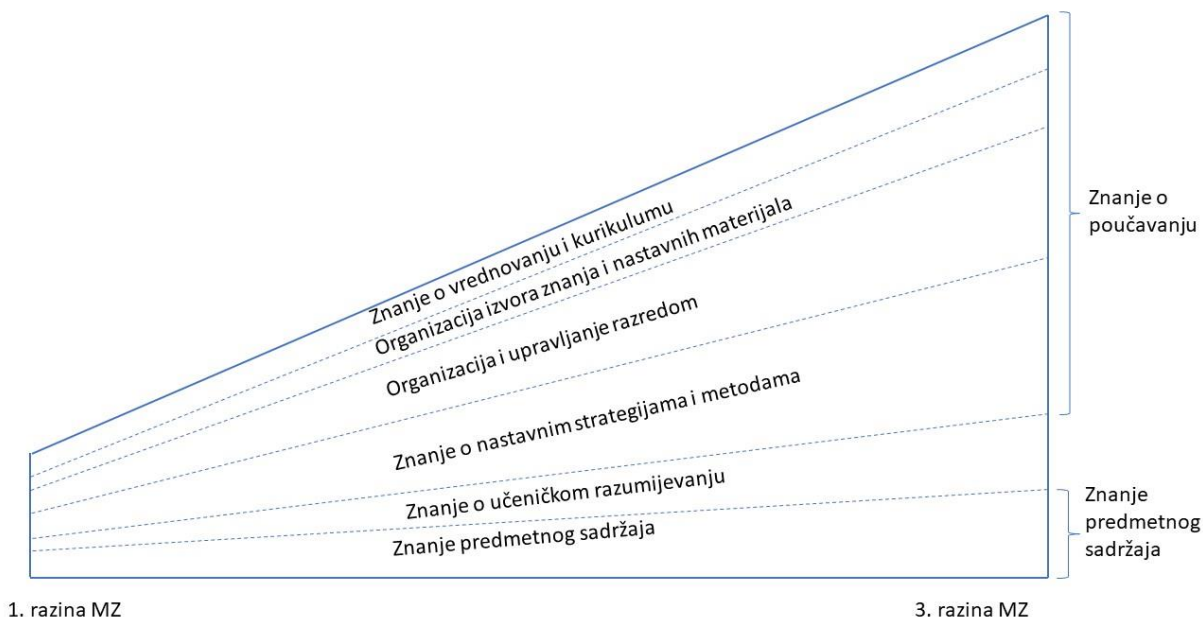
Češće se radi procjena metodičkog znanja te je veći fokus na tome nego li na razvoju istog. Primjeri dobre prakse i poučavanja određenih nastavnih tema, odnosno pozitivni primjeri drugih, predloženi kroz obrazovna istraživanja trebali bi pomoći nastavnicima u poboljšanju vlastite prakse, ali i u osobnom razvoju (Loughran i sur., 2006).

Tijekom proteklih gotovo četiri desetljeća, početni model metodičkog znanja koji daje Shulman (1986) revidiran je od strane brojnih znanstvenika. U posljednjih desetak godina dvije najveće dopune modela jesu ona o *konzensusnom modelu* metodičkog znanja (CM) 2012. godine (Gess-Newsome, 2015) te o *revidiranom konzensusnom modelu* metodičkog znanja (RCM) šest godina kasnije (Carlson i sur., 2019).

2.3.2. Konsenzusni i revidirani konsenzusni model

Tijekom godina ukazuje se potreba za preinakama i dopunama modela metodičkog znanja danog od Shulmana (1986, 1987). Jedna od većih i značajnijih je ona o konsenzusnom modelu (CM) metodičkog znanja nakon samita 2012. godine (PCK Summit). Prema tom modelu (Gess-Newsome, 2015) stručno znanje nastavnika, koje uključuje znanje predmetnog sadržaja, znanje o vrednovanju, znanje o učeničkom razumijevanju, znanje kurikulumu i znanje o poučavanju, je *nadređeno* ostalim znanjima pomoću koji se dolazi do učeničkih postignuća. Cilj mu je poboljšati učinkovitost nastavnika integracijom znanja predmetnog sadržaja i pedagoškog znanja kroz naglašen suradnički odnos nastavnika. Taj se odnos ostvaruje kroz stalne rasprave i međusobnom interakcijom nastavnika koji dijele svoja iskustva, strategije poučavanja te refleksije iz nastavne prakse što doprinosi boljem razumijevanju potreba učenika vezano uz poučavanje određenih nastavnih sadržaja. Ovaj model prepoznaje važnost poznavanja znanja predmetnog sadržaja, pedagoškog znanja i znanja o učeničkom razumijevanju što se i navodi kao tri ključne komponente razvoja metodičkog znanja. Na pozitivne učinke na profesionalni razvoj nastavnika i ishode učenja učenika ukazuju Van Driel i Berry (2012) – nastavnici koji su ga primjenjivali pokazali su povećano samopouzdanje i kompetentnost u svojoj nastavnoj praksi, a učenici tih istih nastavnika veća akademska postignuća i dublje konceptualno razumijevanje.

Poveznicu sadržajnog, pedagoškog i metodičkog znanja daju Kind i Chan (2019) koji u svom radu daju prijedlog svoje verzije amalgama, odnosno konsenzusnog modela metodičkog znanja vođeni premisom da je metodičko znanje stručno znanje nastavnika koje uključuje znanje predmetnog sadržaja i opće pedagoško znanje tj. znanje o poučavanju određenog sadržaja (Slika 2).



Slika 2. Metodičko znanje – struktura konsenzusnog modela prema Kind i Chan (2019) (prilagođeno)

Tri su stvari na koje ukazuje prikaz na Slici 2. Kao prvo, metodičko je znanje nešto što se razvija s vremenom (klinasti oblik prikaza) od prve razine prema trećoj razini metodičkog znanja. Može, u nekom trenutku, postići *status quo* čime ga je teže mijenjati i utjecati na njega. Ovo je ujedno i svojevrsna kritika Shulmanova modela koji navodi metodičko znanje kao nešto statično. Znanje o poučavanju, pedagoško znanje, sastoji se od pod-komponenti (Slika 2) koje su u međusobnoj interakciji što predstavljaju iscrtane linije. Širina pojedine pod-komponente ukazuje da je s vremenom prisutan veći porast znanja o nastavnim strategijama i metodama, kao i o organizaciji i upravljanju razredom, nego li za ostale dvije pod-komponente. I kao treće, znanje o učeničkom razumijevanju, koje Shulman navodi kao zasebnu komponentu, dosljedan je faktor koji utječe na metodičko znanje, odnosno most između znanja o poučavanju i znanja predmetnog sadržaja. I sama širina znanja predmetnog sadržaja manja je nego li onog o poučavanju i time se ostvaruje veći prostor za napredak. No već u vrijeme publikacije navedenog članka (Kind i Chan, 2019) dolazi do preispitivanja i izmjena konsenzusnog modela te nastaje revidirani konsensusni model (RCM) metodičkog znanja.

RCM se nadograđuje na temelje koje su postavili modeli uključujući nova saznanja dobivena empirijskim istraživanjima i kroz iskustva samih nastavnika iz prakse. Opisuje kompleksne slojeve znanja i iskustva koja utječu na osmišljanje i provedbu nastave u praksi i time posreduju usvajanju određenih ishoda od strane učenika (Carlson i sur., 2019). Neke temeljne razlike

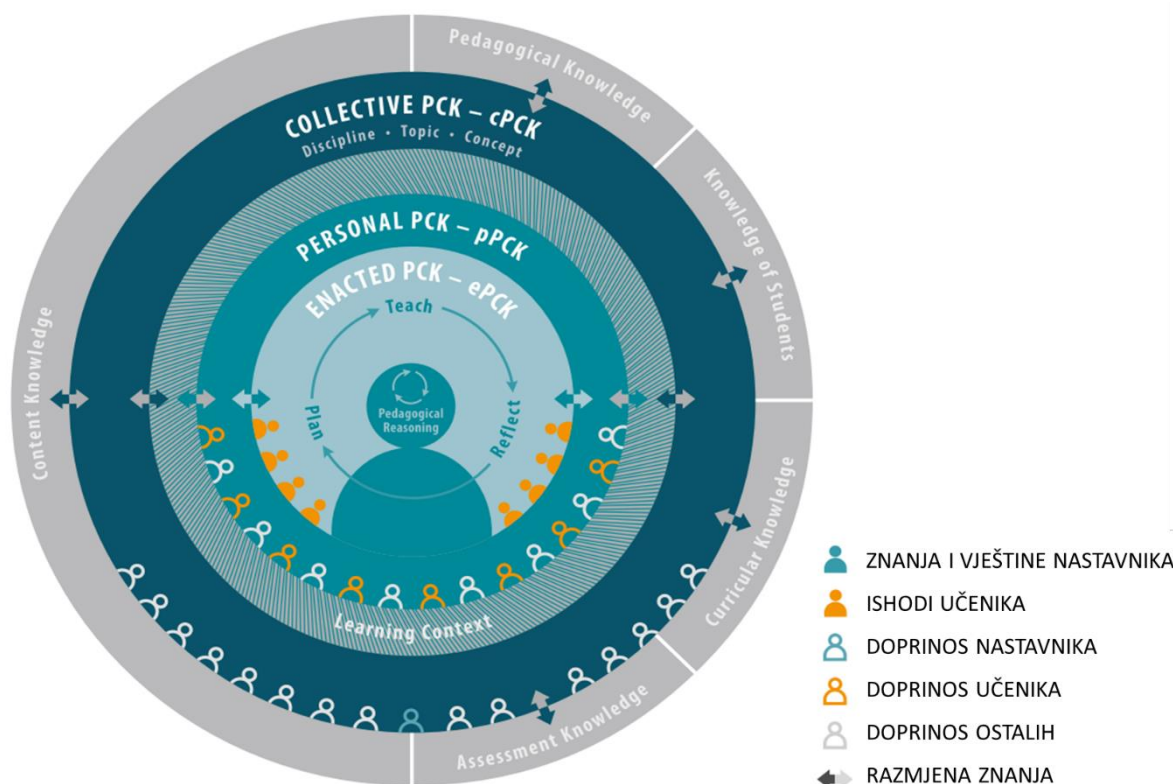
poimanja metodičkog znanja prema Shulmanu (1986) te kroz RCM (Carlson i sur., 2019) dane su u Tablici 8.

Tablica 8. Razlike metodičkog znanja prema Shulmanu i prema revidiranom konsenzusnom modelu

Metodičko znanje	
Shulman	Revidirani konsenzusni model
• 3 komponente (znanje predmetnog sadržaja, znanje o poučavanju, znanje o učeničkom razumijevanju). • Prilagodba sadržaja i načina poučavanja istih potrebama učenika.	• 7 komponenti (znanje o učeničkom razumijevanju, znanje predmetnog sadržaja, znanje o nastavnim strategijama i metodama, znanje o kontekstu obrazovanja, znanja o poučavanju, znanje o vrednovanju, znanje kurikuluma). • Detaljniji i sveobuhvatniji okvir za razumijevanje složene prirode nastave.
• Prilikom osmišljanja načina poučavanja nastavnici moraju biti svjesni prethodnih znanja učenika kao i ostalih čimbenika koji mogu utjecati na poučavanje tih učenika (npr. kulturološko podrijetlo) kao i njihovih potreba.	• Prilikom osmišljavanja načina poučavanja nastavnici moraju voditi računa o samom obrazovnom kontekstu (širi obrazovni ciljevi i vrijednosti) kao i o društvenim i kulturološkim utjecajima.
• Sustavno istraženo i primijenjeno u različitim obrazovnim okruženjima – brojna istraživanja različitih aspekata metodičkog znanja i njegova utjecaja na kvalitetu nastave i ishode učenja.	• Noviji model koji je još u razvoju i koji se još istražuje, kao i njegova primjena.
• Pruža temelj za razumijevanje preklapanja znanja o predmetnom sadržaju i znanja o poučavanju (njihov amalgam).	• Proširuje okvire metodičkog znanja te nudi sveobuhvatniji i nijansirani pogled na znanja i vještine potrebne za učinkovito poučavanje. • Suvremeniji pristup koji prepoznaje višedimenzionalnu prirodu nastave i poučavanja te naglašava važnost kontekstualnog poučavanja.

Revidirani konsenzusni model metodičkog znanja okvir je za razumijevanje i njegovanje učinkovite nastavne prakse te nudi uvid u složenu prirodu odgojno-obrazovnog procesa kao i stručnost i znanja nastavnika potrebnih za uspješno poučavanje. Ovaj model nastavnici, istraživači u obrazovnim istraživanjima kao i metodičari nastave mogu koristiti, kako za svoju osobnu praksu, tako i kao doprinos za stalno usavršavanje metodičkog znanja u obrazovanju.

Vizualni prikaz RCM metodičkog znanja (Carlson i sur., 2019), prilagođen³ hrvatskom jeziku, dan je Slikom 3. Opisi pojedinih komponenti prikazanih Slikom 3. dani su u nastavku.



Slika 3. Prikaz revidiranog konsenzusnog modela metodičkog znanja (preuzeto i prilagođeno od Carlson i sur., 2019) (PCK – engl. *Pedagogical Content Knowledge*)

Postavljanjem učenika i nastavnika u središte koncentričnih krugova ovaj prikaz (Slika 3.) stavlja naglasak na praktičare u odgojno-obrazovnom procesu, kao i na samo poučavanje prirodoslovlja unutar određene učionice, odnosno definirano potrebama i mogućnostima sudionika odgojno-obrazovnog procesa (Berry i sur., 2016). Također, to naglašava i važnost i vrijednost obrazovnih istraživanja o metodičkom znanju samih nastavnika.

Rubni krug predstavlja širu bazu znanja (npr. znanje predmetnog sadržaja, znanje o poučavanju, znanje o vrednovanju...) koja su temeljna za poučavanje određenog predmeta. Također vidljiv je i smjer izmjene i razmjene znanja među svim dionicima odgojno-obrazovnog procesa kao i područjima metodičkog znanja prema RCM-u. Upravo taj protok znanja i vještina kroz krugove ključna je komponenta redefiniranog konsenzusnog modela. Definiranjem ta tri modela metodičkog znanja sama obrazovna istraživanja mogu preciznije usmjeriti i definirati svoje

³ Sami pojmovi vezani uz PCK se ne prevode s engleskog niti u drugim jezicima te je za iste dan opis u nastavku dok je legenda prevedena radi lakšeg razumijevanja prikaza.

ciljeve i smjestiti ih u najprikladnije od navedenih područja kako bi se poradilo i na samom razvoju metodičkog znanja nastavnika unutar istih.

U samom središnjem krugu je ePCK (*enacted Pedagogical Content Knowledge*) odnosno metodičko znanje koje uključuje specijalna znanja i vještine koje pojedini nastavnik posjeduje i primjenjuje u radu s određenim učenikom ili skupinom učenika u određenim uvjetima učenja i poučavanja, a sve s ciljem da ti učenici uspješno usvoje određeni koncept ili koncepte (Carslon i sur., 2019). Temelji se na specifičnim potrebama učenika, manje grupe učenika ili nastavne jedinice. Uključuje refleksiju na samo djelovanje (planiranje nastave i promišljanje o poučavanju i rezultatima učenika) kao i u samo djelovanje (znanja i razmišljanja iza samog poučavanja u interakciji s učenicima). Ključna je značajka način na koji se postupci nastavnika oslanjaju na njegova znanja kako bi se zadovoljile jedinstvene potrebe učenika za usvajanje neke specifične nastavne jedinice ili koncepta. To je vidljivo kroz izbor nastavnih metoda i strategija, odabiru pedagoškog pristupa poučavanju kao i integraciji višestrukih čimbenika koji utječu na samo poučavanje. Ovo je i *najosobnije* metodičko znanje koje nastavnici rijetko dijele međusobno i temelji se na vlastitom iskustvu i poznavanju potreba svojih učenika (Carslon i sur., 2019). Navedeno područje metodičkog znanja zapravo je pod komponenta sljedećeg područja odnosno sljedećeg kruga.

pPCK (*personal PCK*) kumulativno je dinamičko metodičko znanje pojedinog nastavnika koje odražava njegovo vlastito iskustvo poučavanja i učenja, ali uz doprinos i drugih sudionika procesa odgoja i obrazovanja (primjerice kolega nastavnika, obrazovnih istraživača, metodičara, učenika) (Carslon i sur., 2019). Na neki je način to „*rezervoar znanja i vještina*“ na koji se nastavnik oslanja tijekom poučavanja obzirom da se temelji na svakoj interakciji nastavnika s učenicima. Na taj način ujedno i daje i prima informacije iz konteksta samog poučavanja i učenja. Time dolazi do već spomenute razmjene znanja tijekom vremena (npr. Alonzo i sur., 2019.; Sorge i sur., 2019a) što je ključno za razvoj i dobro oblikovanje ovog područja metodičkog znanja (pPCK), a na koje utječu i čimbenici kao što su uvjerenja samih nastavnika i njihovo iskustvo u nastavi (Carlson i sur., 2019; Alonzo i sur., 2019; Kulgemeyer i sur., 2020). Razvija se, oblikuje i usavršava tijekom vremena kroz formalno obrazovanje, nastavno iskustvo kao i profesionalna usavršavanja. Ujedno je i jedinstveno za svakog pojedinca obzirom na različita iskustva u obrazovanju (kao i interakcije u razredu) s time da je moguće da dolazi do preklapanja istog kod nastavnika koji su, primjerice, završili nastavnički studij na istom sveučilištu (Carslon i sur., 2019) ili pak radili u istom razrednom odjeljenju. No i kod njih, javljaju se različiti stavovi i uvjerenja koji utječu na ovo metodičko znanje pa je samim time raznolikije.

Prije posljednjeg područja metodičkog znanja prema ovom modelu, nalazi se krug koji se odnosi na kontekste učenja i poučavanja (*learning context*). To se odnosi i na prostor i na vrijeme poučavanja i na učenja koji su definirani mnoštvom čimbenika (npr. obrazovna politika, osobine i potrebe učenika...). Služi za selekciju znanja i vještina nastavnika vezanih uz samo poučavanje. Ukazuje na važnost kontekstualnog znanja samih nastavnika, kako o kontekstu poučavanja određenog koncepta tako i o kontekstu u kojem se poučavanje i učenje odvija, te važnosti poznavanja svojih učenika (Carlson i sur., 2019). To je ujedno i krug koji odvaja pPCK tj. privatno i osobno metodičko znanje od onog kolektivnog koje se nalazi u posljednjem krugu područja metodičkog znanja.

Collective ili cPCK metodičko je znanje koje je zapravo spoj višestrukog doprinosa sudionika odgojno-obrazovnog procesa čiji je rezultat specijalizirana baza znanja za poučavanje prirodoslovlja artikulirana od skupine stručnjaka i povezana s poučavanjem određenog predmetnog sadržaja kao i znanja potrebnih za isto (Carlson i sur., 2019). To je metodičko znanje koje posjeduje više od jedne osobe što znači da nije privatno, već javno i kolektivno – kontinuum znanja neke grupe ljudi (npr. Prikaz predmetnog sadržaja – *CoRe*). Može biti i prešutno znanje neke skupine nastavnika koji, primjerice, razvijaju i koriste određeni nastavni materijal za poučavanje te može varirati od znanja vezanog za neki koncept, nastavnu jedinicu, cjelinu ili cijelo predmetno područje. Znanje je to koje se može dijeliti i artikulirati na načine koji potiču komunikaciju i suradnju među nastavnicima, istraživačima u obrazovanju i ostalim obrazovnim stručnjacima te se time dopunjuje i razvija kroz praktičnu primjenu (Carlson i sur., 2019). Najbliže je onome što Shulman naziva metodičkim znanje.

Iz ovog kraćeg i sažetog prikaza redefiniranog konsensusnog modela, koji nije zamjena, već dopuna konsensusnog modela, vidljivo je da se radi o modelu koji omogućuje istraživanje samog metodičkog znanja, no ne specificira mehanizme i puteve razvoja istog kod nastavnika. Nastavnik je taj koji može prilagoditi nastavu, stvoriti inkluzivno okruženje za učenje te se baviti jedinstvenim izazovima, ali i prilikama, koje se pojave u tom okruženju. Redefinirani konsensusni model metodičkog znanja naglašava potrebu da nastavnik razvije niz pedagoških vještina te kontinuirano prilagođava svoju nastavnu praksu da bi se zadovoljile potrebe učenika. Odmiče se od definiranja određenih pojava te je fokus više stavljen upravo na obrazovna istraživanja (gdje ih i kako smjestiti), prvenstveno ona vezana uz buduće nastavnike prirodnih znanosti te kako oblikovati sveučilišne programe za obrazovanje istih (Carlson i sur., 2019). Upravo to Carlson i sur. (2019) navode i kao ciljeve ovog modela – da istraživači u obrazovnim istraživanjima, fokusirajući se na nastavnike i učenike, prate uspješnost usvajanja nastavnih

sadržaja prirodoslovlja obzirom na metodičko znanje nastavnika. Također je jedan od ciljeva omogućiti nastavnicima metodike prirodnih znanosti da u svoje kolegije uvedu samo metodičko znanje, kao i temelje za njegov razvoj, kroz formalno obrazovanje, stručna usavršavanja i nastavnu praksu. Potonji cilj primjenjiv je i na nastavnike u praksi, ne samo na buduće nastavnike, čime se ujedno, kroz refleksiju, utječe na suradnju i cjeloživotno obrazovanje kao i na osobni razvoj samih nastavnika. Sorge i sur. (2019b) navode kako upravo upute dobivene na metodičkim kolegijima podržavaju razmjenu kolektivnog (cPCK) i osobnog (pPCK) metodičkog znanja budućih nastavnika, dok van Driel i sur. (2002) ukazuju na utjecaj nastavne prakse na razvoj osobnog metodičkog znanja budućih nastavnika kao i njegove potkomponente (ePCK) vezane za planiranje i poučavanje te refleksiju na isto (Alonzo i sur., 2019; Kulgemeyer i sur., 2020).

2.3.3. Metodičko znanje i budući nastavnici

Kao što je navedeno u Mavhunga (2019), metodičko je znanje prihvaćeno od strane zajednice za poučavanje prirodoslovlja kao znanje potrebno za poučavanje prirodnih znanosti te ga stoga treba prenositi (budućim) nastavnicima i nikako ne smije biti dvosmisleno. Shulman (1987) ukazuje na važnost ne samo metodičkog znanja, nego i metodičkog znanja vezanog uz neku temu ili koncept. Vođeni time, Geddis i sur. (1993), prema Mavhunga (2019), ukazuju na potrebu općenitog osvješćivanja (budućih) nastavnika o njihovom metodičkom znanju vezanom za poučavanje pojedine nastavne teme ili pak kemijskog koncepta. Isto uključuje:

- *Prethodna znanja učenika o tom nastavnom sadržaju* (učenički pretkoncepti i/ili pogrešna poimanja);
- *Specifičnost kurikula* (učenje i poučavanje tema u opsegu i dubini sukladnoj predmetnom kurikulu i u skladu s dobi učenika i vrstom škole);
- *Što utječe na razumijevanje tog nastavnog sadržaja* (prepoznavanje potencijalno otežavajućih/olakšavajućih dijelova nastavnog sadržaja koji utječu na razumijevanje istog);
- *Predodžba tog nastavnog sadržaja* (upotreba prikladnih animacija, simulacija, primjera, modela za razumijevanje nastavnog sadržaja);
- *Strategije učenja i poučavanja tog nastavnog sadržaja* (poznavanje nastavnih strategija vezanih uz predmet poučavanja te primjena najprikladnije za poučavanje tog nastavnog sadržaja).

Budući nastavnici, prema istraživanju De Jong i sur. (1999), ne posjeduju dostatna znanja o potencijalnim poteškoćama učenika s usvajanjem određenih predmetnih sadržaja te De Jong i sur. (1999) zaključuju da je zadatak nastavnika prirodoslovlja analizirati konceptualizacije samih učenika, njihove poteškoće u razumijevaju i raspravljati o istima (Vladušić, 2017). Vladušić (2017) također navodi i da prema istraživanju Bektas i sur. (2013) većina budućih nastavnika ima i problema s metodama vrednovanja usvojenih sadržaja odnosno da, iako su tijekom studija pokazivali određeni napredak u ostalim segmentima metodičkog znanja, isto nije uočeno kod znanja o vrednovanju.

Većina budućih nastavnika, kao što je navedeno u obrazovnim istraživanjima provedenim u prirodoslovlju, nema znanje o dubokom konceptualnom razumijevanju svog predmeta (Loughran i sur., 2008). Najčešća je prepreka kako kombinirati samu prirodu znanosti (znanje predmetnog sadržaja) i nastavu odnosno stvaranje veze između znanja o predmetnom sadržaju i znanstvene prirode. Kind i Chan (2019) navode da do međusobne povezanosti znanja predmetnog sadržaja i metodičkog znanja dolazi već prilikom studija (opći edukacijski kolegiji, metodika nastave, kolegiji predmetnog sadržaja) dok na razvoj istog veliki utjecaj imaju nastavna praksa i profesionalni razvoj samog nastavnika. Također ukazuju na činjenicu da bolje znanje predmetnog sadržaja uvelike utječe na razvoj metodičkog znanja.

Kind (2010) identificira tri zajednička čimbenika koji doprinose rastu metodičkog znanja budućih nastavnika: znanje predmetnog sadržaja, iskustvo u nastavi te motivirajuće radno okruženje koje potiče na suradnju. Mavhunga i Rollnick (2016), osim prethodno navedenog, navode kako su promjene u uvjerenjima o učenju i poučavanju (ka suvremenim uvjerenjima o učenju i poučavanju) povezane s razvojem metodičkog znanja budućih nastavnika. Da razvoju metodičkog znanja doprinose i uvjerenja budućih nastavnika o učenju i poučavanju potvrđuju i Schiering i sur. (2022).

Istraživanje Van Driel i sur. (2002) daje prikaz razvoja metodičkog znanja budućih nastavnika s posebnim naglaskom prijelaza s makroskopske na mikroskopsku razinu. Istraživanje o poučavanju budućih nastavnika o samom konceptu metodičkog znanja te utjecaju primjene metodoloških alata (danih u 2.3.4.) na njihovo poučavanje dan je u Loughran i sur. (2008). Williams i Lockey (2012) ukazuju na neka istraživanja o metodičkom znanju budućih nastavnika čiji je cilj utvrditi razvoj istog. Atkin i Uzuntiryaki-Kondakci (2018) daju usporedni prikaz metodičkog znanja nastavnika i budućih nastavnika vezano uz kemijsku ravnotežu gdje je kod iskusnijih nastavnika uočena veća upotreba metodičkog znanja u praksi, kao i primjena stečenih znanja, bilo o predmetu ili poučavanju, u samom nastavnom procesu. Ekiz-Kiran i sur.

(2021) daju prikaz razvoja metodičkog znanja budućih nastavnika na temelju rada u nastavi dok se Saeleset i Friedrichsen (2021) bave integracijom metodičkog znanja budućih nastavnika u nastavni proces na temelju razumijevanja znanstvenog i metodičkog aspekta.

Istraživanja vezana za metodičko znanje uobičajena su za nastavnike u primarnom i sekundarnom obrazovanju, no Schultz i sur. (2018) rade prilagodbu instrumenta istraživanja te ga primjenjuju na sveučilišnim nastavnicima čime se dobiva uvid njihova metodičkog znanja pojedinih područja. Vladušić (2017) navodi da je sudjelovanje nastavnika iz prakse koji su mentori budućim nastavnicima, kako u istraživanjima, tako i u provedbi sveučilišnih programa, ključno za razvoj metodičkog znanja budućih nastavnika, ali i za unaprjeđenje nastave kemije. Upravo na takovim istraživanjima treba temeljiti nastavu metodičkih kolegija uz, naravno, primjere iz nastavne prakse. Istraživanje van Driel i sur. (2002) daje nekoliko preporuka na tu temu, a neke od njih su: (i) *aktivnosti specifične za određeni nastavni sadržaj* (analiza učeničkih odgovora kao bi budućí nastavnici uočili potencijalna kriva poimanja i poteškoće samih učenika), (ii) *analiza znanstvenih radova iz područja obrazovanja (u kemiji)*, (iii) *mentoriranje studenata od strane iskusnijih nastavnika iz prakse*.

Potonje je u skladu s onime što navodi Nilsson (2008) u svom istraživanju koje ukazuje da dobar mentor u školi kroz nastavničku praksu budućih nastavnika uvelike doprinosi osvješćivanju i razvoju metodičkog znanja budućih nastavnika prema komponentama danim od Cochran i sur. (1993): pedagoški aspekt, znanje predmetnog sadržaja, poznavanje učenika i okoline u kojoj se poučavanje odvija. O utjecaju prakse u nastavi tijekom studija na razvoj metodičkog znanja budućih nastavnika kraći pregled istraživanja daju Schiering i sur. (2022, str. 6), no isto tako navode da nije samo nastavna praksa ta koja utječe na razvoj metodičkog znanja budućih nastavnika već su tu i drugi, ranije spomenuti, čimbenici.

No osim nastavne prakse, veliku ulogu imaju i sami nastavnički kolegiji za obrazovanje budućih nastavnika – i općih edukacijskih i Metodika nastave kemije (MNK) prvenstveno. Istraživanje Friedrichsen i sur. (2008) ukazuje kako prethodna iskustva u poučavanju ne vode ka razvoju svih komponenti metodičkog znanja ukoliko nisu popraćena organiziranim programom poučavanja na nekoj od akademskih razina (preddiplomski i/ili diplomski studij). Ono na što iskustvo u poučavanju, bilo prethodno ili tijekom obrazovanja za nastavnike, utječe je razvoj znanja o učenicima. Buduće nastavnike treba osvijestiti o promišljanjima učenika o predmetnom sadržaju te njihovim predznanjima, konceptima i pogrešnim poimanjima s ciljem poučavanja predmetnog sadržaja na način prikladan učenicima. Upravo su nastavnički kolegiji tijekom studija, kako navode Nordine i sur. (2021), prilika da budućí nastavnici ublaže

dihotomiju teorije i prakse, odnosno onog što se *uči* o poučavanju iz literature i onog što se *uči* o poučavanju iz prakse. Stoga bi i oni trebali biti međusobno koherentniji, kako unutar jednog fakulteta, tako i između različitih fakulteta, odnosno sveučilišta. Koherentniji nastavnički kolegiji podrazumijevaju dobru organizaciju istih sa svrsishodnim sadržajima koji se ne ponavljaju bespotrebno, a u obzir uzimaju novija saznanja o učenju i poučavanju. Stroupe i sur. (2020) navode kako je upravo na nastavničkim kolegijima, prije svega metodici nastave, da omoguće budućim nastavnicima uvjete za razvitak znanja o poučavanju povezanog sa samim poučavanjem u praksi.

2.3.4. Prikaz metodičkog znanja

Dobro poznavanje (i primjena) nastavnih strategija i metoda važan je aspekt metodičkog znanja (Loughran i sur., 2006) i ono je po čemu se nastavnici razlikuju. Učenici, odnosno njihovo (pred)znanje je ono na temelju čega nastavnik osmišljava i kreira svoj pristup poučavanju pojedinih tema nekog predmeta. Stoga je važno da sam nastavnik zna kada, kako i s kojim ciljem primijeniti određenu nastavnu strategiju i metodu, ali i da svoje postupke zna prilagoditi situaciji u učionici.

Loughran i sur. (2006) definirali su dva specifična metodološka alata za detekciju, prikaz i predodžbu metodičkog znanja: (i) prikaz zastupljenosti sadržaja – Content Representation (CoRe) te (ii) prikaz pedagoškog i stručnog znanja iz prakse – Pedagogical and Professional – experience Repertoires (PaP-eR). Prema Lehane (2016) prikaz zastupljenosti sadržaja ima mnogu veću primjenu nego li prikaz znanja iz same prakse.

Sažeti opis prikaza zastupljenosti sadržaja daje Nillson (2010, str. 113) opisujući ga kao "*... detaljan opis za poučavanje nastavnih tema prirodoslovlja koji je zasnovan na velikim idejama tj. konceptima (Big Ideas) određene nastavne teme mapiranim u kombinaciji s pedagoškim potrebama te koji uključuje:*

- *što učenici moraju naučiti o svakoj od velikih ideja/konceptata;*
- *zašto je važno da učenici to znaju;*
- *moгуće poteškoće učenika u učenju tog koncepta;*
- *kako se taj koncept uklapa u znanje nastavnika o tom sadržaju...* "

Može sadržavati različite vrste i količine informacija koje daju pregled konceptualizacije sadržaja nekog predmeta ili teme unutar predmeta od strane (budućih) nastavnika (Loughran i sur., 2012) – prikaz je to sadržaja koji nije potpun te koji je podložan daljnjem razvoju. Obično se oblikuje kao matrica (Tablica 9.) koja na vodoravnoj osi „raspakirava“ koncept neke teme, obično 5-8 njih, pomoću 8 pitanja na okomitoj osi.

Tablica 9. „Raspakiravanje“ koncepta (Loughran i sur., 2012)

Domena MZ	Pitanje	Opis
Orijentacija prema poučavanju prirodnoslovlja	Što želite da učenici nauče temeljem ovog koncepta?	Definirati očekivana postignuća učenika.
	Zašto je važno da učenici razumiju ovaj koncept?	Korisnost i primjenjivost tog znanja u svakodnevnom životu.
Znanje o kurikulumu prirodnoslovlja	Što još znate o ovom konceptu (no s time još ne namjeravate upoznati Vaše učenike)?	Što (ne)uključiti u poučavanje koncepta kako bi bio razumljiv i znanstveno ispravan, no ne previše pojednostavljen.
Znanje o učeničkom razumijevanju prirodnoslovlja	Koje su moguće poteškoće ili ograničenja povezani s poučavanjem ovog koncepta?	Predznanja i potencijalna kriva poimanja.
	Koja prethodna znanja učenika mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?	Planiranje nastave na temelju dosadašnjeg iskustva poučavanja tog koncepta: učeničke ideje, iskustvo iz prakse...
	Koji još čimbenici, ukoliko postoje, mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?	Metodičko znanje nastavnika i znanje iz prakse.
Znanje o nastavnim strategijama i metododama u nastavi prirodnoslovlja	Koje nastavne metode koristite za poučavanje ovog koncepta? Zašto?	Nastavne aktivnosti, metode, strategije primjenjive na poučavanje ovih nastavnih sadržaja.
Znanje o vrednovanju u nastavi prirodnoslovlja	Kako provjeriti usvojenost tj. (ne)razumijevanje ovog koncepta?	Metode i načini provjere usvojenosti koncepta.

To nije prikaz jedinog i/ili najboljeg načina poučavanja određenog predmetnog sadržaja nego baza za poučavanje istog oformljena od strane (budućih) nastavnika koja ovisi o različitim faktorima kao, primjerice, iskustvo, dob učenika ili pak nacionalni kurikulum. Prikaz je to koji niti je konačan niti potpun (Loughran i sur. 2012). Prema Berry i Loughran (2010) to je konceptualizacija metodičkog znanja o specifičnim temama koja daje potpun pregled neke teme sa svrhom kako bi to metodičko znanje bilo eksplicitno drugima. Prikaz zastupljenosti sadržaja koristan je alat budućim nastavnicima, kao i nastavnicima s manje nastavne prakse, u vidu pomoći planiranja i pripremanja za nastavu (Nilsson i Loughran, 2012). Može biti od velike

pomoći budućim nastavnicima kojima nedostatak nastavne prakse najčešće uzrokuje poteškoće s metodičkim znanjem, ali i iskusnim metodičarima na sveučilištima (Williams i Lockety, 2012). Istraživanja o primjeni i korištenju metodičkog znanja dana su kod Lehane (2016) kao što su primjerice ono od Abell (2008) o primjeni i korištenju prikaza metodičkog znanja koje služi za pripremu budućih nastavnika, a izvedeno je u tabličnom obliku; ono od Loughran i sur. (2012) o savladavanju „malih tajni“ poučavanja ili pak ono o naglasku na pedagoški pristup u poučavanju samog sadržaja (Bertram i Loughran, 2014).

Prikaz zastupljenosti sadržaja (CoRe) sam po sebi nije metodičko znanje jer ne daje uvid u iskustvo nastavnika iz prakse. Stoga je došlo do razvoja Prikaza pedagoškog i stručnog znanja iz prakse (PaP-eR) odnosno „prozora u svijet metodičkog znanja“ koji prema Loughran i sur. (2012) objedinjuje „...praksu nastavnika, razmišljanja o poučavanju određenog sadržaja na određene načine u određenom vremenu ...“ (str. 19). S ciljem da ilustrira određeni primjer metodičkog znanja u praksi Prikaz pedagoškog i stručnog znanja iz prakse (PaP-eR) temelji se upravo na istoj. Prema Berry i Loughran (2010) glavna mu je uloga dati uvid u predmetni sadržaj, pristup nastavi i poteškoće učenika koje su uključene i utječu na metodičko znanje nastavnika. Fokusira se na različite aspekte metodičkog znanja nastavnika dajući pri tome detaljniji prikaz istog u kontekstu same nastavne prakse. Oblik Prikaza pedagoškog i stručnog znanja iz prakse (PaP-eR) ovisi o tome predoduje li nastavni proces iz perspektive učenika, nastavnika ili neke treće osobe.

I dok je Prikaz zastupljenosti sadržaja (CoRe) općenitiji, no sveobuhvatniji, Prikaz pedagoškog i stručnog znanja iz prakse (PaP-ER) narativne je prirode kako bi što vjerodostojnije ilustrirao specifično metodičko znanje čineći ga time razumljivijim. Ova dva Prikaza zajedno čine Portfolio (*Resource Folio*) ili mapu za određeno područje ili koncept poučavanja (npr. čestična priroda tvari). Portfolio objedinjuje općenita promišljanja nastavnika za određene nastavne sadržaje i primjenu istih u praksi čime se pokušava prevladati jaz teorije i prakse (Loughran i sur., 2012) dajući uvid u specificirano metodičko znanje. Time se ujedno stvara i osnova za bolje razumijevanje i vrednovanje znanja, vještina i sposobnosti nastavnika. Ova je kombinacija prikaza teoretskih sadržaja i ilustracija prakse nastavnika dobra početna točka i za osobni i za profesionalni razvoj nastavnika kroz prihvaćanje i primjenu metodičkog znanja u vlastitoj praksi.

2.3.5. Kemijski koncepti (Big Ideas) – čestična priroda tvari

Što je ono bitno i relevantno za učenje i poučavanje kemije na određenoj razini? Prema Stuckey i sur. (2013) sam je pojam relevantnosti potrebno ponajprije definirati u vidu obrazovanja (u prirodoslovlju) odnosno, prema Hofstein i sur. (2011), odrediti je li nešto više ili manje relevantno za nastavu. Glavni obrazovni ciljevi svih predmeta propisani su Nacionalnim obrazovnim kurikulumom, dok specifični ciljevi i ishodi predmeta ovise o više faktora (npr. dob učenika, vrsta škole, broj nastavnih sati) te se navode u Godišnjem izvedbenom kurikulumu.

DeBoer (2014) navodi tri domene koje se isprepliću u kemijskom obrazovanju. To su:

- *domena osobne važnosti kemije* – veza kemije i okoline i primjena kemije u svakodnevnom životu;
- *domena društvene važnosti kemije* – učenicima omogućuje razumijevanje utjecaja kemije na društvo;
- *domena stručne važnosti kemije* – učenicima predložuje mogućnost profesionalnog razvoja i napretka u polju kemije.

Sve se tri navedene domene isprepliću u kemijskom obrazovanju, a na zastupljenost pojedine veliki utjecaj ima opća obrazovna politika. Stoga dolazi do formiranja kemijskih koncepata (*Big Ideas*) koji su korisni u određivanju temeljnih pojmova kurikuluma kemije, kao i njegovih ciljeva (Fensham, 1975). To su ideje ili predodžbe koje nastaju na temelju iskustva (ili sklopa informacija) pojedinaca i koje sažimaju zajedničke značajke pojedinačnih pojava koje koncept karakteriziraju (Lukša i sur., 2013). Zadaća je istih objediniti međusobno povezane pojmove, pravila i metode. Prema Vizek-Vidović i sur. (2003) do pohranjivanja informacija u pamćenje dolazi uočavanjem nekih zajedničkih karakteristika ili obrazaca odnosno oblikovanjem koncepta. Samim time i dolazi i do trajnijeg i dugoročnijeg pamćenja (Krsnik, 2008). Šimičić (2018) navodi kako koncepti nisu samo kognitivni već na njih utječu i drugi čimbenici (npr. socijalni, emocionalni, kulturni) te se temelje na iskustvu pojedinca i samim time svatko pronalazi svoje putove oblikovanja koncepta, a zatim i usvajanja istih što je dugotrajan i, na neki način, nikada gotov proces.

Koncepte, prema Šimičić (2018), možemo podijeliti na *konkretne* (formirani najčešće na samom početku školovanja) te na one do čijeg formiranja dolazi tijekom kognitivnog razvoja: *apstraktne i procesne*. Skemp (1989) daje razliku koncepata obzirom na vrijeme i način

nastanka istih. Tako postoje *primarni koncepti* koji su novi koncepti te *sekundarni koncepti* koji se razvijaju iz primarnih procesima apstrakcije (za što trebaju biti formirani svi prethodni primarni koncepti). Važno je voditi računa imaju li učenici formirane koncepte i jesu li oni ispravno formirani kako bi im se olakšalo razumijevanje istih te formiranje novih (Bastić, 2011). De Jong i Talanquer (2015) dijele kemijske koncepte na:

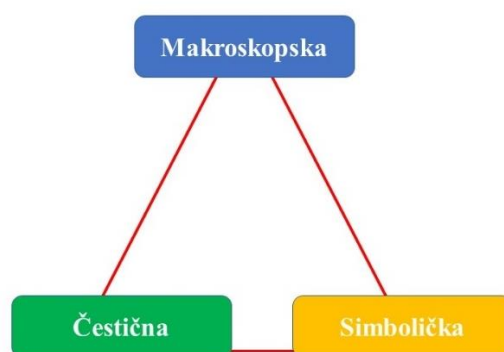
- *kontekstualne* – koncepti koji se odnose na razumijevanje kemije važne za društvo ili pojedinca (npr. Održivi razvoj u kemiji)
- *konceptualni* – oni koji se odnose na same koncepte u kemiji (npr. kemijske veze).

Sevian i Talanquer (2014) ističu važnost samih koncepata u razumijevanju i primjeni kemije budući da je svaki od koncepata povezan s ključnim pitanjima koja objedinjuje i kemijske koncepte i domene poučavanja. Sam razvoj ideje o konceptima dan je kod De Jong i Talanquer (2015) koji također navode da nastavnici iskazuju veću preferenciju prema poučavanju kontekstualnih koncepata i kemije prisutne u svakodnevnom životu. Taber (2002) navodi nekoliko razloga potencijalno otežanog usvajanja kemijskih koncepata kao što su definiranost pravilima koja je obično teže pojasniti te konceptualni krug (koncept je moguće definirati pomoću drugog koncepta koji također treba biti definiran). Neki od njegovih prijedloga aktivnosti za lakše usvajanje kemijskih koncepata uključuju upoznavanje učenika sa samim konceptima, provjeriti učeničko razumijevanje istih kroz heuristički razgovor ili pak inzistirati na jasnoći prilikom učeničkih pojašnjenja, primjerice, izvedenih pokusa. Sukladno konstruktivističkom pristupu nastavi, učenici upravo kroz samostalni praktičan rad aktiviraju svoja predznanja (Šimičić, 2018), no pri tome je važno voditi računa da time potencijalno dolazi i do produbljivanja ili formiranja pogrešnih poimanja što dugoročno ima utjecaja na njihovo učenje. Zadaća je nastavnika da procijeni predznanja učenika te, ukoliko se za to ukaže potreba, djeluje na restrukturiranje istih.

Potrebe o znanjima iz kemije ovise o više faktora, kao što je već spomenuto, te stoga svi kemijski koncepti nisu jednako zastupljeni u svim nastavnim programima. No kako je čestica srž kemije, domena *čestične prirode tvari* definitivno je jedna od onih koji primjenu nalazi neovisno o drugim faktorima te koji omogućava razumijevanje pojava koje nas okružuju (Margel i sur., 2008). Iako jedna od sržnih ideja kemije, složena je i apstraktna domena, kako za usvajanje, tako i za poučavanje. Temelji se na konceptima kao, primjerice, da su tvari građene od manjih dijelova koje nazivamo česticama koje se međusobno razlikuju i između kojih je prazan prostor; da postoje različite vrste čestica koje se gibaju i javljaju u određenom

rasporedu; da čestice ne mogu nestati ili nastati već može doći do njihove preraspodjele, a upravo prikaz na razini čestica (čestični prikaz) se koristi kako bi se pojasnila opažanja kemijskih promjena (Loughran i sur., 2012). Ovi su koncepti učenicima često poznati, no ne i prihvatljivi (i jasni). Uzroci mogu, primjerice, biti pogrešni i neprecizni prikazi u udžbenicima, nedostatak razumijevanja samog sadržaja od strane samih nastavnika (Kind i Kind, 2011) te samim time neučinkovitog poučavanja (Harrison i Treagust, 2002) ili pak slabije razumijevanja ili upotreba kemijskog tripleta u nastavi kemije.

Kemijski triplet je model kojim se vodi u poučavanju kemije, obrazovnim istraživanjima kao i u kurikularnim dokumentima i prilikom izrade nastavnih sadržaja (Talanquer, 2011). Model je to koji objedinjuje tri razine poučavanja kemije koje su jednake važnosti: makroskopsku, (sub)mikroskopsku tj. čestičnu i simboličku – tzv. *Johnstoneov trokut* (Johnstone, 1993) (Slika 4). Opis pojedinih razina dan je u Tablici 10.



Slika 4. Kemijski triplet

Tablica 10. Opis razina kemijskog tripleta

MAKROSKOPSKA	ČESTIČNA	SIMBOLIČKA
• makroskopska svojstva tvari; • iskustveno učenje kroz pokuse; • stvarna razina – najbližija učenicima; • ključna u početnom poučavanju kemije (Tsapalis, 2009); • najprikladnija za početnike – primarno obrazovanje.	• vizualizacija opaženih pojava pomoću čestičnog modela (Prilliman, 2014); • spona između stvarnosti i prikaza (Šimić, 2018); • postupno uvođenje – više kognitivne razine.	• zapis opaženih promjena pomoću kemijskih simbola; • grafički prikazi, animacije, simulacije; • prikaz stvarnosti; • dominantno kod tradicionalnog poučavanja; • ne omogućava konceptualno razumijevanje kemijskih pojmova i potpuno pojašnjenje promjena i procesa.

Međusobno nadopunjavanje i kombinacija svih triju razina pomažu u formiranju kemijskih koncepata koji se formiraju tijekom učenja i poučavanja kemije. Prema Vladušić (2017), Hilton i Nichols (2011) smatraju da je za razvoj učeničkog promišljanja na sve tri razine (makro-čestično-simbolička), odnosno razumijevanje kemijskih koncepata, ključan odabir izvora znanja, kao i nastavni pristup samom sadržaju. Važno je nastavne sadržaje prikazivati na različitim razinama (Chandrasegaran i sur., 2007). Prema Šimičić (2018) budući nastavnici, kao i oni s manje iskustva u poučavanju, za razliku od iskusnijih nastavnika s većim metodičkim znanjem, često imaju poteškoće povezivanja makroskopske razine s preostale dvije. U samom nastavnom procesu, prema Nelson (2002), česta je tendencija prelaska na čestičnu i simboličku razinu, no bez poveznica s makroskopskom razinom. Posljedica toga često je negativan stav prema samoj kemiji – kako samom predmetu i nastavi tako i učenju kemijskih sadržaja (Tsaparlis, 2009). Šimičić (2018) navodi kako Georgiadou i Tsaparlis (2000) predlažu model nastave u kojem se tri razine izučavaju u tri ciklusa (tzv. „*tricički model nastave*“). Prvi ciklus uključuje makroskopsku razinu u najvećoj mjeri te ključnu ulogu imaju kemijski pokusi, dok se u drugom i trećem ciklusu udio makroskopske razine smanjuje, a raste onaj čestične i simboličke – tzv. „*rastući ledeni brijeg*“ (Chittleborough, 2004). Razumijevanje međusobnih odnosa svih triju razina kemijskog tripleta ključno je za učenje i poučavanje kemije s razumijevanjem, a ne za učenje na činjeničnoj razini (Eilks i sur., 2012). Shodno tome, i udžbenici za osnovnu i srednju školu, kao i za sveučilišne kolegije, trebali bi više slijediti model kemijskog tripleta sukladno kognitivnim mogućnostima učenika, odnosno studenata.

2.4. Predmet i cilj istraživanja te istraživačka pitanja

Uvjerenja o učenju i poučavanju određuju same nastavnike te utječu na njihov pristup i poučavanje nastavih sadržaja, a samim time i usvajanje istih od strane učenika. Kind (2010) navodi poznavanje predmetnog sadržaja, dobrog mentora i kvalitetan nastavnički studij kao neke od čimbenika koji utječu na formiranje nastavnika. Kako bi (budući) nastavnici bili što bolji i kvalitetniji u svom poslu trebalo bi se, upravo tijekom studija, više pažnje posvetiti kako uvjerenjima, tako i metodičkom znanju – i osvješćivanju istog kod budućih nastavnika (Nilsson, 2010), i kasnije razvoju i napretku uvjerenja i metodičkog znanja. Uvjerenja često nisu odraz suvremenih teorija obrazovanja (Bryan i Atwater, 2002) te je upravo osvješćivanje o njihovu postojanju prvi korak ka detekciji istih, kao i osvješćivanje o samom metodičkom znanju.

Na formiranje i uvjerenja i metodičkog znanja utječu, već spomenuti, različiti čimbenici (npr. radna okolina, kulturološke i socijalne razlike, odgojno-obrazovni sustav). Postojanje različitih istraživanja na temu uvjerenja i metodičkog znanja (budućih) nastavnika nije upitno, no ista su provedena u drugim državama, a samim time i drugačijim obrazovnim sustavima. U Hrvatskoj obrazovna istraživanja u edukaciji kemije tek su u začetku (Vladušić, 2017; Šimičić, 2018; Smerdel, 2021) pri čemu ono od Vladušić (2017) uključuje metodičko znanje vezano uz kemijsko vezivanje, a ono od Šimičić (2017) primjenu čestične prirode tvari. No ne postoji obrazovno istraživanje provedeno u Hrvatskoj koje objedinjuje istraživanje o uvjerenjima o učenju i poučavanju kemije budućih nastavnika kao niti o njihovom metodičkom znanju (s naglaskom na jedan od sržnih koncepta u kemiji – čestičnu prirodu tvari).

Stoga se ovo istraživanje usredotočuje na zatvaranje te praznini uzimajući kao predmet istraživanja upravo uvjerenja budućih nastavnika kemije te njihovo metodičko znanje. Cilj je istog odrediti metodičko znanje, s naglaskom na čestičnu prirodu tvari, te detektirati sklonost uvjerenja o učenju i poučavanju ka tradicionalnoj/suvremenoj metodi poučavanja studenata nastavničkih smjerova kemije (i biologije ili fizike).

Iz toga proizlaze sljedeća istraživačka pitanja:

(i) Koja uvjerenja o poučavanju i učenju kemije budući nastavnici kemije u Hrvatskoj imaju u različitim etapama svog sveučilišnog obrazovanja za nastavnike?

(ii) Postoje li razlike i/ili sličnosti uvjerenja budućih nastavnika kemije u Hrvatskoj u različitim etapama njihovog sveučilišnog obrazovanja?

(iii) Koje metodičko znanja, s posebnim naglaskom na čestičnu prirodu tvari, budući nastavnici kemije u Hrvatskoj imaju u različitim etapama svog sveučilišnog obrazovanja za nastavnike?

(iv) Postoje li razlike i/ili sličnosti u metodičkom znanju o čestičnoj prirodi tvari budućih nastavnika kemije u Hrvatskoj u različitim etapama njihovog sveučilišnog obrazovanja?

(v) Dolazi li do promjene dominantne razine metodičkog znanja o čestičnoj prirodi tvari budućih nastavnika kemije istog sveučilišta u različitim etapama njihovog sveučilišnog obrazovanja?

3. METODOLOGIJA

U ovom je poglavlju dan opis istraživačkog nacrt, metodološkog pristupa, uzorka, korištenih instrumenata za prikupljanje podataka te postupaka prikupljanja i analize podataka za oba dijela istraživanja. Navedene informacije doprinose razumijevanju cjelokupnog istraživanja i njegove provedbe te omogućuju njegovo razumijevanje, kao i razumijevanje interpretacije rezultata. Također olakšavaju ponavljanje istraživanja drugim istraživačima.

3.1. Struktura i nacrt istraživanja

Istraživanje se sastoji od dvije cjeline:

1. Uvjerjenja budućih nastavnika kemije o učenju i poučavanju kemije
2. Metodičko znanje budućih nastavnika kemije (s naglaskom na čestičnu prirodu tvari).

Istraživanje se provodi kroz dvije akademske godine obzirom na početak i trajanje kolegija Metodika nastave kemije. Radi se o longitudinalnom anketnom istraživanju koje se provodi pomoću standardiziranog upitnika s pitanjima otvorenog tipa i crtežom.

U istraživanju, kao ispitanici, sudjeluju studenti nastavničkih smjerova kemije u Republici Hrvatskoj tj. budućí nastavnici kemije, kao prikladan uzorak. U osmišljavanju istraživanja sudjeluju istraživač i mentor, dok samu provedbu istraživanja s ispitanicima provode nastavnici nositelji kolegija Metodika nastave kemije. Obradu podataka (kvalitativna analiza), kao i izvještaj, radi sam istraživač uz mentora. Sudjelovanje u istraživanju je na dobrovoljnoj bazi te je u bilo kojem trenutku moguće odustati od istog.

Samo istraživanje sastoji se od 3 etape vremenski prikazane u Tablici 11.

Tablica 11. Nacrt istraživanja po etapama

Etapa	Aktivnosti
Pripremna	• Čitanje literature na temu istraživanja • Formuliranje ciljeva istraživanja i istraživačkih pitanja • Promišljanje o podacima koje je potrebno prikupiti istraživanjem • Priprema instrumenta istraživanja • Dogovor o provedbi istraživanja s nositeljima kolegija MNK • Etička pitanja • Distribucija anketnog upitnika na fakultete
Provedbena	• Ispunjavanje upitnika od strane ispitanika tijekom nastave kolegija MNK u nekoliko pod faza (detaljniji raspored prikazan u Tablici 12.) ○ Početna faza (Tp) ○ Međufaza (Tm) ○ Konačna faza (Tk) • Uređivanje upitnika poslije svake od pod faza
Završna	• Analiza podataka (ovisno o cjelini istraživanja) • Reduciranje i kodiranje podataka • Interpretacija rezultata u skladu s novijim obrazovnim istraživanjima • Izvješčaj o rezultatima istraživanja

Nije nužno da je svaka od faza bila u jednakom vremenskom trenutku (kalendarskom), već da je provedena u jednakom trenutku obzirom na kolegij MNK. Raspored istih dan je u Tablici 12. Tako razlikujemo:

i) Početnu fazu (Tp) – prije odvijanja kolegija MNK

ii) Međufazu (Tm) – nakon odslušanog jednog semestra MNK, a prije početka sljedećeg; primijenjeno na sveučilištima na kojima je MNK u trenutku istraživanja dvosemestralan kolegij

iii) Konačnu fazu (Tk) – nakon odslušane MNK

Tablica 12. Raspored ispunjavanja upitnika na svakom od sveučilišta

	Sveučilište A	Sveučilište B	Sveučilište C
Tp	veljača/ožujak 2016.	veljača/ožujak 2016.	veljača/ožujak 2016.
Tm	/	srpanj/listopad 2016.	srpanj/listopad 2016.
Tk	srpanj 2016.	veljača/ožujak 2017.	veljača/ožujak 2017.

3.2. Paradigma i metodološki pristup

Filozofska paradigma u kojoj istraživanje ima uporište je pragmatizam. Pragmatizam se može opisati kao filozofski pristup koji naglašava praktičnu primjenu znanja i rješavanje stvarnih problema. Ova paradigma naglašava interakciju između teorije i prakse te je karakteristična za obrazovna istraživanja. Usmjereno je na primjenu funkcionalnih rješenja na promatranu problemsku situaciju u nastojanju da se nađe učinkovit način za razumijevanje i pojašnjenje određenih društvenih pojava koje su definirane istraživačkim pitanjima (Creswell, 2003). Teži se postizanju rezultata primjenjivih u praksi pri čemu se istraživačko pitanje može izdići iznad paradigme (Jokić, 2013).

Radi se o empirijskom, deskriptivnom, longitudinalnom razvojnom istraživanju (Mužić, 2004) u kojem se koriste kvalitativne metode. Njihov je naglasak više na samom procesu, a manje na rezultatima i zaključcima. Daju dublji uvid u sam istraživački problem, kao i u njegovo razumijevanje, no s druge strane iziskuju veliki vremenski angažman samog istraživača uz mogućnost pristranosti tijekom interpretacije podataka i to upravo zbog te veće uključenosti u sam proces istraživanja (Tkalac-Verčić i sur., 2010).

Istraživanje se provodi u prirodnim uvjetima (fakulteti, kolegiji za buduće nastavnike) te se naglasak stavlja na dobivanje uvida i novih informacija. Podaci se prikupljaju pomoću teksta (pitanja otvorenog tipa) i crteža te sam istraživač interpretira rezultate i dolazi do tekstualnih zaključaka na temelju prikupljenih podataka. Istraživač je aktivni sudionik samog procesa te sagledava problematiku i sa subjektivnog stajališta i vlastitog znanja.

U nastavku su informacije o sudionicima istraživanja, instrumentu i tehnikama prikupljanja podataka te o analizi istih. Svaka se od dvije cjeline istraživanja može promatrati i kao zasebno istraživanje te su stoga opisi dani zasebno za svaku od cjelina. No njihovim povezivanjem dobiva se bolji uvid u uvjerenja i metodičko znanje budućih nastavnika kemije čineći tako zaokruženu cjelinu.

3.3. Uzorak

U istraživanju su sudjelovali studenti nastavničkih smjerova kemije s tri hrvatska sveučilišta: Sveučilište Josip Juras Strossmayer u Osijeku, Sveučilište u Splitu i Sveučilište u Zagrebu. Ovo su ujedno i jedina sveučilišta koja, u sklopu svojih sastavnica, provode obrazovanje budućih nastavnika kemije u Hrvatskoj. U trenutku početka istraživanja ispitanici su bili studenti 4. godine integriranog studija nastavničkog smjera kemije i biologije/fizike, 1. godine diplomskog nastavničkog studija kemije i biologije te 1. godine diplomskog nastavničkog studija kemije. Glavne odlike integriranog nastavničkog studija i diplomskog nastavničkog studija kojima se stječe pravo poučavanja kemije dane su u Tablici 13.

Tablica 13. Odlike nastavničkih studijskih programa

	Integrirani nastavnički studij	Diplomski nastavnički studij
Razlike	• Magistar/magistra edukacije kemije i biologije/fizike • Oba predmeta zastupljena od 1. godine studija • Nema završnog rada niti stjecanja titule prvostupnika	• Magistar/magistra edukacije kemije ili kemije i biologije/fizike • Na preddiplomskom studiju veći fokus na znanstveni dio nego li na edukacijski • Upisuje se poslije stjecanje titule prvostupnika te završnog rada
Sličnosti	• 5 godina • na 4. godini integriranog studija tj. 1. godini diplomskog studija: Metodika nastave kemije i njeni popratni kolegiji (Praktikum metodike nastave kemije, Metodička praksa)	

Sudjelovanje pojedinih fakulteta određeno je održavanjem kolegija Metodika nastave kemije (MNK) koji je uzet kao središte vremenskog okvira istraživanja. Početak kolegija, neovisno o sveučilištu, ljetni je semestar (8. semestar studija) 4. godine integriranog studija tj. 1. godine diplomskog studija. Sličnosti i razlike programa studija, odnosno vrijeme odvijanja pojedinih kolegija tijekom studija (10 semestara) dani su u Tablici 14.

Tablica 14. Raspored odvijanja kolegija po semestrima tijekom ukupnog sveučilišnog obrazovanja (10 semestara integriranog studija ili preddiplomskog/diplomskog studija)

Kolegij	Sveučilište			
	A	B	C	C
	nastavnici kemije	nastavnici biologije i kemije	nastavnici kemije	nastavnici kemije i biologije/fizike
Pedagogija	7,8	8	7	3
Psihologija	7	7,8	7	1
Didaktika	7	7	8	5
Metodika nastave kemije	8	8,9	8,9	8,9
Praktikum metodike nastave kemije	8,9	9,10	8,9	8,9
Metodička praksa	8,9	8,9	9,10	9,10
Stručno pedagoška praksa		9		

Početna faza (Tp) uzeta je da se napravi procjena uvjerenja i metodičkog znanja budućih nastavnika kemije prije početka kolegija MNK kako bi i sami nastavnici tih kolegija stekli uvid o čemu voditi računa tijekom svojih predavanja. Međufaza (Tm) je provedena na sveučilištima na kojima je kolegij MNK traje dva semestra. Za konačnu fazu (Tk) odabran je kraj kolegija MNK s ciljem usporedbe uvjerenja i metodičkog znanja budućih nastavnika kemije prije i nakon odslušanog kolegija. Radi se o longitudinalnom istraživanju u kojem se prati grupa budućih nastavnika kemije. U početnoj fazi uzorak je reprezentativan, no s vremenom dolazi do osipanja dijela ispitanika obzirom da isto ni na koji način nije bilo obavezno niti uvjetovano.

Neovisno o vremenu ili mjestu prikupljanja podataka, svi ispitanici bili su ženskog spola na početku dvadesetih godina starosti. Opći podaci o sudionicima relevantni za daljnje analize i komentare rezultata, raspoređeni prema vremenu (Tp, Tm, Tk) te mjestu prikupljanja (A, B, C), dani su u Tablici 15.

Tablica 15. Opći podaci o ispitanicima (* nema te faze istraživanja na sveučilištu)

Podaci	Faza istraživanja	Sveučilište A	Sveučilište B	Sveučilište C
Broj ispitanika	početna faza	11	12	28
	međufaza	*	13	8
	konačna faza	11	8	3
Struktura ispitanika	početna faza	budući nastavnici kemije	budući nastavnici biologije i kemije	budući nastavnici kemije i biologije/fizike budući nastavnici kemije
	međufaza	*	budući nastavnici biologije i kemije	budući nastavnici kemije i biologije/fizike budući nastavnici kemije
	konačna faza	budući nastavnici kemije	budući nastavnici biologije i kemije	budući nastavnici biologije i kemije
Primarni izbor/ broj ispitanika	početna faza	9/11	7/12	17/28
	međufaza	*	9/13	6/8
	konačna faza	9/11	6/8	1/3
Odslušani opći edukacijski kolegiji (broj ispitanika ukoliko nisu svi)	početna faza	Didaktika Pedagogija Psihologija	Didaktika Psihologija	Didaktika (24) Pedagogija (25) Psihologija (28)
	međufaza	*	Didaktika Pedagogija Psihologija	Didaktika Pedagogija Psihologija
	konačna faza	Didaktika Pedagogija Psihologija	Didaktika Pedagogija Psihologija	Didaktika Pedagogija Psihologija
Iskustvo u poučavanju/broj ispitanika	početna faza	2/11	4/12	14/28
	međufaza	*	5/13	3/8
	konačna faza	3/11	3/8	2/3

Navedeno iskustvo u poučavanju stečeno je ponajprije kroz davanje instrukcija te škole ili festivale znanosti te se ne odnosi na iskustvo nastavne prakse u školi tijekom studija.

Istraživanje je provedeno na tri sveučilišta u sklopu kolegija Metodika nastave kemije. Sve je obavljeno u skladu s važećim pravilima i institucionalnim preporukama. Prilikom provedbe istraživanja poštovana je Helsinška deklaracija. Svi sudionici informirani su u popratnom pismu o razlogu i cilju istraživanja, upotrebi dobivenih podataka te o povjerljivosti i anonimnosti istih. Svi ispitanici stariji su od 18 godina što znači da nije bilo potrebe za dodatnim odobrenjem

roditelja ili staratelja. Sudjelovanje u istraživanju bilo je dobrovoljno i nije imalo utjecaja na ishode metodičkih kolegija, a provedeno je uz suglasnost i dogovor nositelj kolegija MNK. Ispitanici su informirani o mogućnosti povlačenja iz istraživanja u bilo kojoj fazi istog i bez pojašnjenja. Istraživanje je provedeno u terminima nastave kolegija MNK kako isto ne bi utjecalo na slobodno vrijeme ispitanika.

3.4. Prikupljanje i analiza podataka

Podaci potrebni za istraživanje su crtež i riječi. Instrument prikupljanja podataka je anketni upitnik koji se sastoji od tri dijela (Prilog 1). Prvi dio upitnika čine činjenična pitanja o samim ispitanicima. Drugi dio upitnika čine crtež i četiri pitanja otvorenog tipa te se odnosi na cjelinu vezanu uz uvjerenja. Treći dio upitnika vezan je uz drugu cjelinu istraživanja, metodičko znanje, i čine ga sedam kemijskih koncepta (*Big Ideas*) na vrhu stranice te osam pitanja otvorenog tipa (identičnih za svaki od konceptata). Kemijski koncepti vezani su uz čestičnu prirodu tvari.

Prije svakog dijela upitnika dana je uputa o njegovu rješavanju. Za izvođenje i zapis zaporke dan je primjer. Uz upitnik je i popratno pismo u kojem je ukratko predstavljen istraživač, kao i razlog i cilj istraživanja te kraći opis istog. Dana je i email adresa za mogući potencijalni kontakt i izjava o povjerljivosti i anonimnosti upitnika.

Obzirom da se koristi standardizirani upitnik nije potrebno pročišćavanje upitnika niti pilot istraživanje. Upitnik je u skladu s hrvatskim standardnim književnim jezikom. Prilikom prijevoda vodilo se računa da se zadrži izvorna bit pitanja prilagođena hrvatskom jeziku (prijevod s engleskog na hrvatski jezik te radi provjere valjanosti ponovni prijevod na engleski jezik i usporedba s originalnom u čemu je sudjelovalo više stručnjaka različitih područja).

Prikupljanje podataka rade profesori na fakultetima, nositelji kolegija Metodika nastave kemije. Obradu podataka (kvalitativna analiza) i izvještaj radi sam istraživač. Nakon svake faze istraživanja upitnici se uređuju (provjera potpunosti nominalnih podataka, upis zaporke na sve liste, provjera ispravnosti popunjavanja i provjera uniformnosti, kodiranje nominalnih podataka). Valjanost i pouzdanost ostvaruje se vođenjem računa o vremenu potrebnom za ispunjavanjem upitnika, naglašavanjem važnosti i korisnosti istog, anonimnošću, jasnoj konstrukciji pitanja. Poštivani su i kriteriji za kvalitativna istraživanja prema Kirk i Miller (1986), Kvale (1989) i Flick (2009):

- vođenje bilježaka o svim fazama istraživanja, kontaktima s mentorom, dnevnik rada tijekom analize rezultata;
- interpretacije crteža moguće je argumentirati;
- definirana su pravila tj. kodiranje odgovora;
- kodiranje i ko-kodiranje se radi sa stručnjakom iz edukacije;
- papirne verzije upitnika stalno su u upotrebi.

Prilikom obrade i analize dobivenih podataka, u svim fazama istraživanja, radi se stalna refleksija na prikupljene podatke.

Kako se samo istraživanje sastoji od dvije cjeline, detaljniji opis prikupljanja i analize podataka dan je u nastavku po cjelinama.

3.4.1. Prikupljanje i analiza podataka vezanih uz uvjerenja o poučavanju kemije

Dio upitnika koji se odnosi na istraživanje uvjerenja budućih nastavnika kemije napravljen je prema dijagnostičkom instrumentu *Draw-A-Science-Teacher-Test Checklist (DASST-C)* od Thomasa, Pedersena i Finsona (2001). Sastoji se od crteža i četiri pitanja; dva su iz izvornog upitnika (aktivnosti nastavnika i učenika), a dva dopunjena od strane Markić (2008) vezana za nastavne ciljeve i aktivnosti koje su prethodile aktivnosti prikazanoj na crtežu. Sudionici crtaju jedan optimalan trenutak svog nastavnog sata te odgovaraju na četiri pitanja:

1. Opišite što Vi kao nastavnik radite tijekom prikazanog nastavnog sata.
2. Opišite što rade Vaši učenici tijekom prikazanog nastavnog sata.
3. Koje nastavne ciljeve želite ostvariti prikazanom situacijom?
4. Što se događalo neposredno prije prikazane situacije?

Kako su odgovori unaprijed kodirani, analiza dobivenih podataka provodi se prema obrascu procjene (Markić, 2008). Taj se evaluacijski obrazac temelji na tri kategorije:

- i) Uvjerenja o organizaciji nastave,
- ii) Uvjerenja o ciljevima nastave te
- iii) Uvjerenja o učenju (i kako ono funkcionira).

Svaka od kategorija ima pet stupnjeva koji predstavljaju spektar između tradicionalnih uvjerenja i suvremenih uvjerenja poučavanja. Brojevi ne predstavljaju linearnu ljestvicu već su simboli za opise podataka. Sažet prikaz kategorizacije uvjerenja dan je u Tablici 16. dok je detaljna kategorizacija, prema Markić (2008), dana u Prilogu 2. Valjanost podataka postignuta je neovisnim ocjenjivanjem te usporedbom i dogovorom ocjenjivača – istraživača i mentora (*inter-subject agreement*) (Swanborn, 1996).

Tablica 16. Kategorizacija uvjerenja

	Tradicionalna		Suvremena
Uvjerena o organizaciji nastave	Nastava je usmjerena na nastavnika koji je glavni nositelj aktivnosti te dominira u osmišljavanju, planiranju i izvedbi nastavnog procesa.	$\leftrightarrow$ -2, -1, 0, 1, 2	Nastava usmjerena na učenika koji je glavni nositelj aktivnosti
Uvjerena o ciljevima nastave	U fokus nastave prirodoslovlja, više-manje, jest predmetni sadržaj.	$\leftrightarrow$ -2, -1, 0, 1, 2	Fokus poučavanja jest, osim predmetnog sadržaja, usvajanje različitih kompetencija i znanstvena pismenost.
Uvjerena o učenju	Učenje i poučavanje je pasivno i odvija se kao transfer znanja između nastavnika i učenika.	$\leftrightarrow$ -2, -1, 0, 1, 2	Konstruktivistički pristup nastavi i poučavanju.

3.4.2. Prikupljanje i analiza podataka vezanih uz metodičko znanje

Posljednji dio upitnika odnosio se na istraživanje vezano uz metodičko znanje budućih nastavnika kemije o čestičnoj prirodi tvari. Ispitanici ispunjavaju upitnik napravljen prema uzoru na *CoRe (Content Representation)* od Loughran i sur. (2012), tj. zastupljenost sadržaja, odnosno pregled konceptualizacije sadržaja. Dana je uputa da uzmu u obzir da poučavaju kemiju u prvom razredu gimnazije. Na vrhu svake stranice jedan je od sedam kemijskih koncepata iz područja čestične prirode tvari:

1. Čestični se prikaz koristi kako bi se pojasnila opažanja. (K1)
2. Postoje različite vrste čestica koje, kada ih združimo, daju nešto novo i drugačije. Postoje različiti „manji dijelovi“. (K2)
3. Čestice ne mogu nastati ni iz čega niti nestati. Tijekom kemijskih reakcija dolazi do njihove preraspodjele. (K3)
4. Tvar je građena od manjih dijelova koje nazivamo česticama. (K4)
5. Između čestica je prazan prostor. (K5)
6. Čestice se gibaju (brzina ovisi o temperaturi). Čestice se javljaju u određenom rasporedu. (K6)
7. Čestice različitih tvari međusobno se razlikuju. (K7)

Za svaki od njih postavljeno je jednakih osam pitanja:

1. Što želite da učenici nauče temeljem ovog koncepta? (P1)
2. Zašto je važno da učenici razumiju ovaj koncept? (P2)
3. Što još znate o ovom konceptu (no s time još ne namjeravate upoznati Vaše učenike)? (P3)
4. Koje su moguće poteškoće ili ograničenja povezani s poučavanjem ovog koncepta? (P4)
5. Koja prethodna znanja učenika mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta? (P5)
6. Koji još čimbenici, ukoliko postoje, mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta? (P6)
7. Koje nastavne metode koristite za poučavanje ovog koncepta? Zašto? (P7)
8. Kako provjeriti usvojenost tj. (ne)razumijevanje ovog koncepta? (P8)

Analiza dobivenih podataka temelji se na kvalitativnoj analizi sadržaja (Kuckartz, 2018). Cilj je razviti evaluacijski obrazac za karakterizaciju metodičkog znanja budućih nastavnika kemije. Poslije svake od faza istraživanja rade se kodiranja odgovora (generiranje popisa frekvencija svih odgovora, parafraziranje, grupiranje) te usporedba s početnim obrascem koji se dopunjuje kroz trajanje istraživanja. Primjenom deduktivnog pristupa formirane su tri razine metodičkog znanja nazvane (i) prva razina metodičkog znanja (*novice PCK*), (ii) druga razina metodičkog znanja (*intermediate PCK*) te (iii) treća razina metodičkog znanja (*advanced PCK*) (Dreyfus i Dreyfus, 1980). Prije analize samih upitnika, koja se provodi tek po završetku cijelog istraživanja, evaluacijski je obrazac dodatno provjeren i prilagođen hrvatskom obrazovnom sustavu. Radi se pregled sveučilišnih planova i programa koji su aktualni u vrijeme istraživanja te srodne literature koja se najčešće koristi za opće edukacijske kolegije (Sikirica, 2003; Cindrić i sur. 2010; Matijević, 2011; Matijević i sur. 2016). Na taj se način formira obrazac evaluacije za svaki od kemijskih koncepata pri čemu se odgovori na pitanja detektiraju kao oni prve, druge ili treće razine metodičkog znanja.

Prva razina metodičkog znanja (MZ1) predstavlja najnižu razinu metodičkog znanja budućih nastavnika; to je općenito znanje o učenju i poučavanju koje je očekivano nakon općih edukacijskih kolegija. Druga razina metodičkog znanja (MZ2) je srednja razina koju bi budući nastavnici trebali imati nakon odslušanih svih općih edukacijskih kolegija te jednog semestra kolegija Metodike nastave kemije. Treća, i najviša, razina metodičkog znanja (MZ3) je ona koja

je očekivana nakon odslušanih općih edukacijskih kolegija, kolegija Metodike nastave kemije (i srodnih seminara/praktikuma) te (započete) nastavne prakse u školi. Obrasci evaluacije za svih sedam koncepata se uspoređuju za svako od pitanja i razina te se, prema potrebi, radi korekcija. Sažetiji opis triju razina po pitanjima dan je u Tablici 17. Odgovore na neka pitanja (4. – 6.) moguće je grupirati, dok su za preostala pitanja dani odgovori najčešće frekvencije. Detaljniji evaluacijski obrazac za svaki od sedam kemijskih koncepata dan je u Prilogu (Prilog 3.).

Tablica 17. Razine metodičkog znanja

Pitanje	1. razina MZ	2. razina MZ	3. razina MZ
1. Što želite da učenici nauče temeljem ovog koncepta?	Čestična priroda tvari, različitost čestica i njihovih svojstva; čestice ne mogu nestati; ideja čestica kao kuglica; gibanje čestica; građa tvari.	Vizualizacija kemijskih reakcija; svojstva tvari ovise o česticama od kojih se sastoje; reakcijom nastaju nove tvari; Zakon o očuvanju mase; na gibanje čestica utječu različiti faktori.	Prikaz kemijske reakcije na čestičnoj razini; vizualizacija nečeg apstraktnog; postojanje različitih čestica i međučestičnih interakcija; reakcije čestica posljedica su njihovih svojstva i interakcija; periodičnost svojstva pojašnjava ponašanje različitih čestica; tijekom reakcija dolazi do promjene i izmjene energije; predviđanje kemijskih reakcija.
2. Zašto je važno da učenici razumiju ovaj koncept?	Razumijevanje građe i svojstva tvari; temeljni koncept/osnova kemije (bez detaljnijih obrazloženja); sami ispitanici iskazuju neosviještenost o važnosti čestičnog pristupa u nastavi kemije.	Razumijevanje kemijskih reakcija te njihovo pojašnjenje; vizualizacija kemijskih reakcija na čestičnoj razini; čestice su važan dio u kemiji, kemijske reakcije posljedica su postojanja različitih čestica.	Dublje razumijevanje kemije (kemijskih reakcija); buduće razumijevanje sadržaja u kemiji; logično razumijevanje reakcija (na čestičnoj razini); razvoj logičnog mišljenja, predviđanje kemijskih reakcija; energetske promjene tijekom kemijskih reakcija.
3. Što još znate o ovom konceptu (no s time još ne namjeravate	Subatomska struktura tvari; periodičnost svojstva (bez dodatnih pojašnjenja); povijesni razvoj atoma; „...ništa/svašta/puno	Kemijske veze; (re)distribucija čestica; međučestične interakcije; svojstva tvari posljedica su njene čestične građe; Zakon o	Složenije tvari (npr. kompleksni spojevi); VSEPR; kvantna kemija; reakcijski mehanizmi; teorija sudara; termodinamika (funkcije,

upoznati Vaše učenike)?	<i>toga/većina obrazovanja... “ mojeg</i>	očuvanju mase; Zakon o očuvanju energije; kinetika kemijskih reakcija i čimbenici koji na nju utječu; različite veličine čestica.	jednadžba stanja idealnog plina), elektronska konfiguracija.
4. Koje su moguće poteškoće ili ograničenja povezani s poučavanjem ovog koncepta?	Apstraktnost koncepta, nedostatak prethodnog znanja; nedostatak interesa; „...nema ih...“.	Nedostatak znanja učenika o čestičnoj prirodi tvari; kriva poimanja o česticama i njihovim interakcijama; teža vizualna percepcija; nepovezivanje makroskopske i mikroskopske razine; nepoznavanje terminologije.	Kognitivne mogućnosti učenika; nedostatak znanja nastavnika; nerazumijevanje samog koncepta od strane nastavnika; razredna atmosfera; razredna disciplina; prostorna percepcija; nedostatak prikladnih nastavnih sredstva i pomagala; neprilagođena nastavna sredstva i pomagala.
5. Koja prethodna znanja učenika mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?	Prethodna znanja (iz osnovne škole, drugih prirodnih predmeta); prethodna znanja o građi i svojstvima tvari, ne postoje prethodna znanja koja bi mogla utjecati; prethodna znanja ne utječu.	Znanja o čestičnoj građi tvari; nedostatak znanja o terminologiji ili krivo poimanje pojmova; prethodni susreti s čestičnom razinom i prikazom; grafički prikaz na čestičnoj razini te interpretacija istih; poznavanje čimbenika koji utječu na brzinu kemijskih reakcija.	Kriva poimanja i znanja o čestičnoj prirodi tvari; nepovezivanje svojstva tvari s njihovom čestičnom strukturom; nerazumijevanje čestične prirode tvari; neiskustvo u čestičnom prikazu (i od strane nastavnika i od strane učenika); izvori informacija koji nisu znanstveno ispravni; učenje unaprijed; nerazumijevanje ili teže razumijevanje koncepta od strane učenika.
6. Koji još čimbenici, ukoliko postoje, mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?	Zainteresiranost učenika za predmet/sadržaj; prethodna znanja o čestičnoj prirodi tvari; krivo poimanje pojmova; „...ne postoje; nema ih...“.	Nedostatak prethodnih znanja o čestičnoj prirodi tvari; pogrešna poimanja vezana za čestičnu građu tvari, interakcije i reakcije; mogućnosti vizualizacije na čestičnoj razini; neprikladne nastavne metode; razredna struktura.	Razredna atmosfera i disciplina; pristup samog nastavnika poučavanju koncepta (kreativnost, pripremljenost za nastavu, razumijevanje/nerazumijevanje samog koncepta, sposobnost nastavnika da koncept približi učenicima sukladno njihovim mogućnostima), nedostatak IKT i nastavnih sredstva i pomagala; vanjski

			čimbenici (mediji, roditelji); kognitivne mogućnosti učenika.
7. Koje nastavne metode koristite za poučavanje ovog koncepta? Zašto?	Frontalna nastava; predavanje (bez pokusa, jednosmjerna komunikacija), rad s tekstom (koji nije vođen); izravno poučavanje	Demonstracijske metode (pokusi, vođeni pokusi); zapisivanje bilježaka i skica/crteža tijekom pokusa; izlaganje nastavnika potkrijepljeno primjerima u koje su uključeni i učenici; upotreba multimedije; vođeni pokus uz opažanje, rad s crtežom, primjeri na ploči (vizualni).	Metoda razgovora: heurističko poučavanje (rasprava, panel rasprava); metoda rada s tekstom (programirano poučavanje, programirani radni listić/tekst); razredna rasprava; komentiranje opažanja; propitkivanje; sudjelovanje u raspravi; glasno razmišljanje; poticanje učenika da govore o temi; samostalno izvođenje pokusa od strane učenika, metoda crtanja (crtež na čestičnoj razini); upotreba modela; upotreba simulacija/animacija kemijskih reakcija.
8. Kako provjeriti usvojenost tj. (ne)razumije vanje ovog koncepta?	Usmeno i pisano ispitivanje; ispitivanje pred pločom; zadavanje domaće zadaće, pitati učenike: „... Je li vam jasno?...“	Primjeri u kojima učenik povezuje sustav s čestičnim prikazom; pisanje jednadžbi kemijske reakcije; razredna rasprava; kviz znanja; zadaci prepoznavanja čestičnog prikaza; rješavanje radnih listića.	Problemski zadaci primjene koncepta; prikaz sustava na čestičnoj razini; samostalno pojašnjenje čestičnog prikaza drugim učenicima; zadaci povezivanja opažanja pokusa s prikazom na čestičnoj razini te zapis jednadžbe kemijske reakcije; zadaci s čestičnim prikazom; konceptualna pitanja; samostalna izvedba pokusa uz pojašnjenja i prikaz.

Svi su upitnici analizirani prema evaluacijskom obrascu te je za svakog od ispitanika određena razina znanja za svako od pitanja za svih sedam kemijskih koncepata u svim fazama istraživanja. Rezultati su obrađeni na razini države, tj. kao objedinjeni rezultati sva tri sveučilišta, kao i na samoj sveučilišnoj razini te uspoređeni i prema vremenu ispunjavanja upitnika i prema mjestu ispunjavanja upitnika. Analize rezultata su uspoređene te, prema potrebi, korigirane (*inter-subject agreement*) prema Swanbornu (1996). U više od 90% slučajeva pridružena je jednaka razina znanja od strane istraživača i mentora.

4. REZULTATI

4.1. Uvjerenja

Rezultati vezani uz uvjerenja budućih nastavnika dani su kao objedinjeni rezultati sva tri sveučilišta obzirom na vrijeme provedbe istraživanja. Istraživačka pitanja, vezana za ovaj dio rezultata jesu:

(i) Koja uvjerenja o poučavanju i učenju kemije budući nastavnici kemije u Hrvatskoj imaju u različitim etapama svog sveučilišnog obrazovanja za nastavnike?

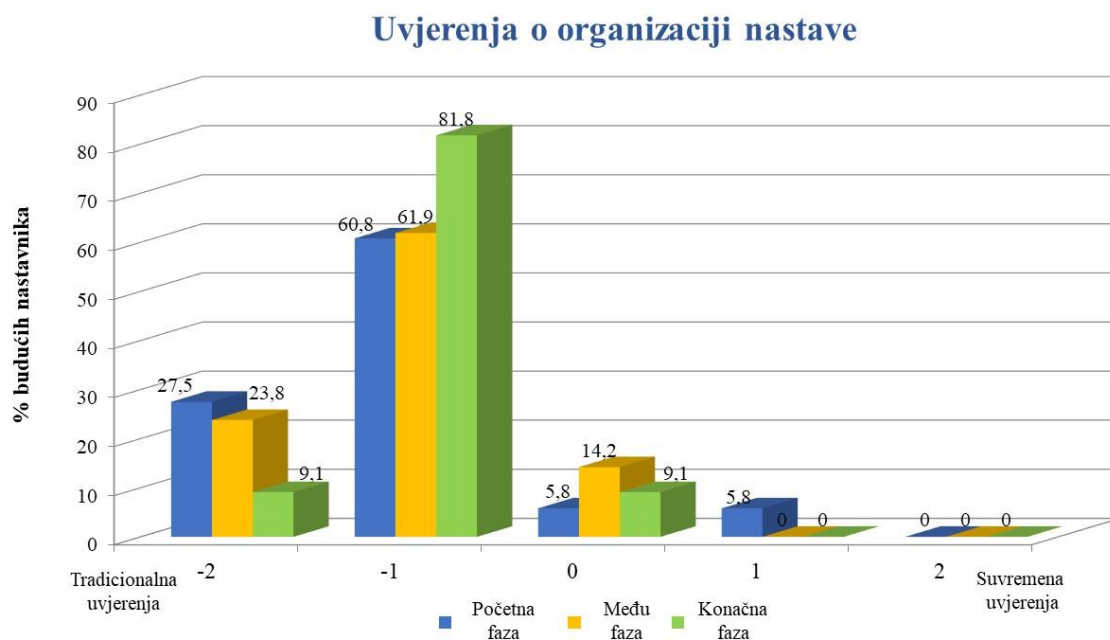
(ii) Postoje li razlike i/ili sličnosti uvjerenja budućih nastavnika kemije u Hrvatskoj u različitim etapama njihovog sveučilišnog obrazovanja?

Prikazani podaci analizirani su u skladu s tri kategorije:

- (i) uvjerenja o organizaciji nastave,
- (ii) uvjerenja o ciljevima nastave i
- (iii) uvjerenja o učenju.

Primjeri danih odgovora, tj. crteža, uz pripadne simbole za opis podataka dani su u Prilogu (Prilog 4).

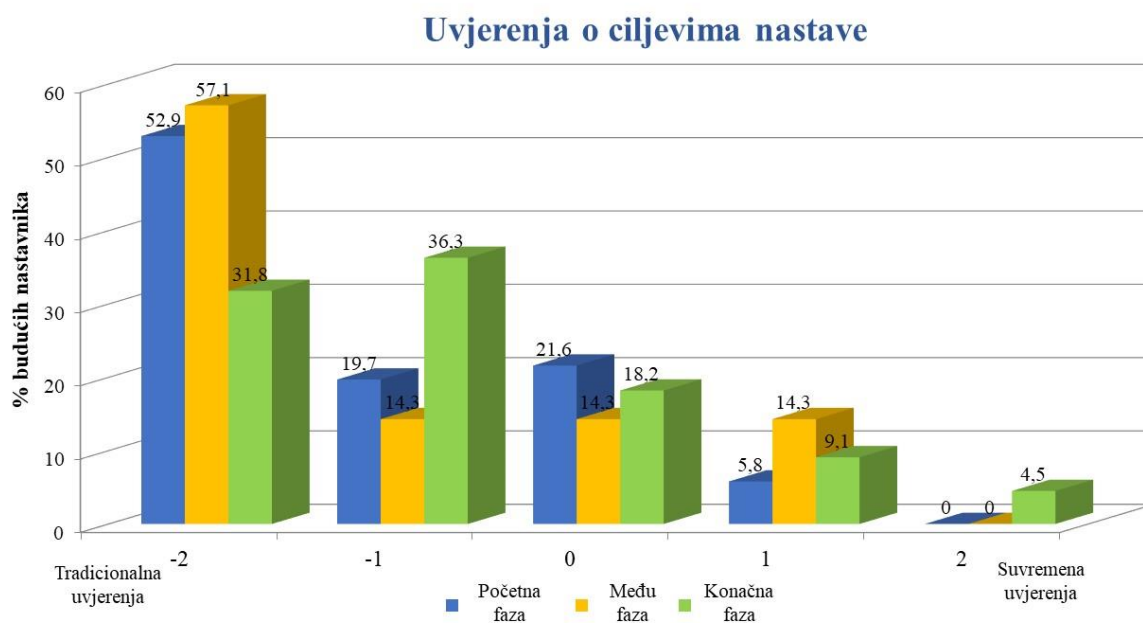
4.1.1. Uvjerenja o organizaciji nastave



Slika 5. Rezultati o uvjerenjima o organizaciji nastave

Rezultati prikazani Slikom 5. ukazuju da većina (više od 85%) budućih nastavnika kemije u Hrvatskoj ima tradicionalna uvjerenja o organizaciji nastave neovisno o trenutku provedbe istraživanja. Iskazana uvjerenja ukazuju na nastavu djelomično orijentiranu na nastavnika uz minimalnu interakciju s učenicima (što označava -1) ili pak na nastavu potpuno orijentiranu na nastavnika (-2 oznaka) koja je zastupljena u nešto manjoj mjeri. Neovisno o trenutku provedbe istraživanja, malen postotak ispitanika (manje od 15%), pokazuje uvjerenja koja nisu niti tradicionalna, niti suvremena (oznaka 0), odnosno uvjerenja nisu orijentirana niti na nastavnika niti na učenika. U početnoj fazi provedbe istraživanja samo maleni dio ispitanika (5,8%) pokazuje uvjerenja o organizaciji nastave koja su djelomično suvremena (oznaka 1), odnosno orijentirana na učenika kao nosioca aktivnosti. Niti u jednoj od faza provedbe istraživanja nisu iskazana potpuno suvremena uvjerenja o organizaciji nastave, odnosno nastava u potpunosti orijentirana na učenika.

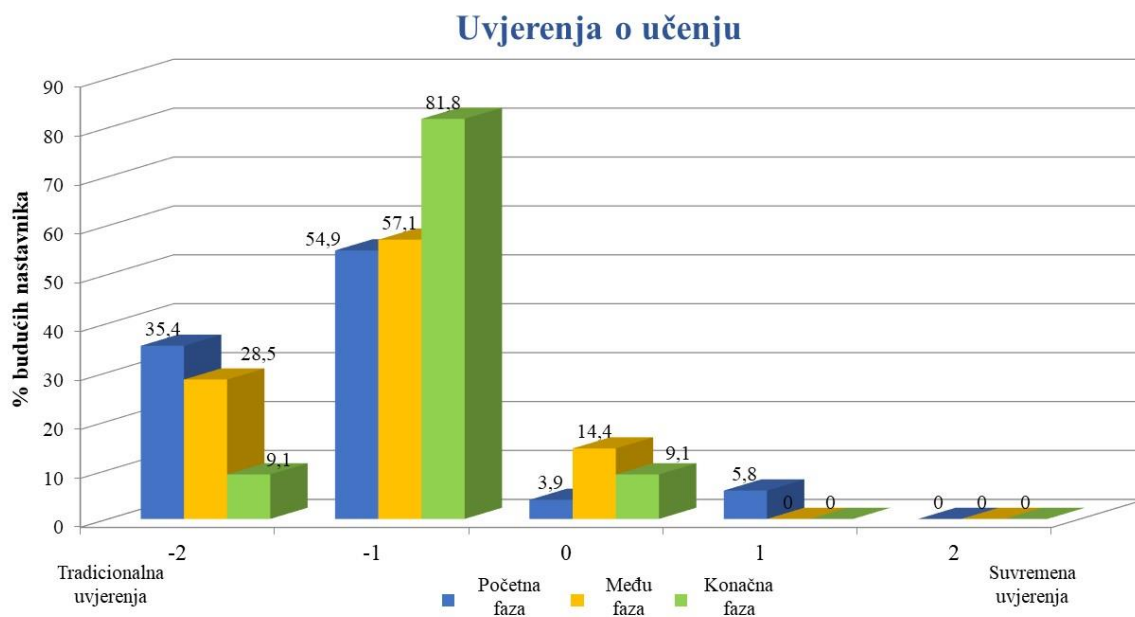
4.1.2. Uvjerenja o ciljevima nastave



Slika 6. Rezultati uvjerenja o ciljevima nastave

Heterogena distribucija kodova može se uočiti kod rezultata o uvjerenjima o ciljevima nastave (Slika 6.). Unatoč tome, u početnoj fazi, kao i u međufazi, većina (približno dvije trećine) budućih nastavnika iskazuje tradicionalna uvjerenja orijentirana na usvajanje predmetnog sadržaja. Oznaka -2 predstavlja da je cilj nastave usvajanje činjenica, dok oznaka -1 označava da uz usvajanje činjeničnog znanja postoje i neki ciljevi nastave koji nisu kognitivni. U konačnoj fazi istraživanja uočava se maleni pomak ka suvremenijim uvjerenjima o ciljevima nastave (usvajanje različitih kompetencija, rješavanje problema, kontekstualno razmišljanje). Jedino u konačnoj fazi istraživanja maleni postotak ispitanika (4,5 %) iskazuje potpuno suvremena uvjerenja o ciljevima nastave (oznaka 2).

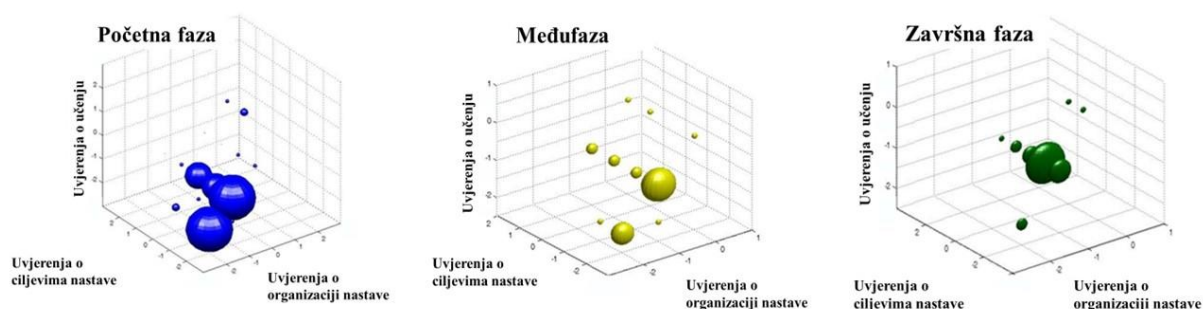
4.1.3. Uvjerenja o učenju



Slika 7. Rezultati uvjerenja o učenju

Uvjerenja o učenju (Slika 7.) također su, kao i uvjerenja o organizaciji nastave, manje-više tradicionalna i to neovisno o trenutku provedbe istraživanja. Pomak je uočljiv od receptivnog učenja (oznaka -2 predstavlja pasivno učenje koje je previše usmjereno od strane nastavnika; diseminacija informacija) prema učenju koje, iako uvelike usmjereno od strane nastavnika, uključuje i aktivnu fazu učenika (oznaka -1). No i dalje, velika većina ispitanika (više od 85%) ima tradicionalna uvjerenja o učenju. Potpuno suvremena uvjerenja (oznaka 2), koja uključuju konstruktivistički pristup nastavi, nisu iskazana niti u jednog od faza istraživanja. U konačnoj fazi, po završetku svih općih edukacijskih kolegija, kao i kolegija metodike nastave kemije, više od 90% budućih nastavnika kemije ima uvjerenja koja su i dalje tradicionalna (-1) - učenici su ti koji provode aktivnosti, no sam tijek sata osmišljen je od strane nastavnika.

Kako bi se istražila međusobna jednakost triju kategorija, za svakog sudionika istraživanja napravljena je kombinacija kodiranja iz svake kategorije i to za svaku vremensku točku prikupljanja podataka, odnosno fazu istraživanja. Zbroj kombinacija, napravljen na kraju, prikazan je na Slici 8. Što je suma rezultata bliže donjem prednjem kutu dijagrama, to su uvjerenja koje budući nastavnici posjeduju tradicionalnija i više usmjerena na samog nastavnika.



Slika 8. 3D prikaz uvjerenja budućih nastavnika u sve tri faze istraživanja.
(Veličina mjehurića razmjerna je broju budućih nastavnika.)

Većina ispitanika, budućih nastavnika kemije, u početnoj fazi ispitivanja ima kombinaciju svojih stupnjeva uvjerenja u donjem prednjem dijelu dijagrama što ukazuje da posjeduju tradicionalna uvjerenja o poučavanju i učenju. Malen, ali vidljiv, pomak prema gornjem dijelu dijagrama uočava se u međufazi, tj. nakon jednog semestra kolegija Metodike nastave kemije te odslušanih svih općih edukacijskih kolegija. No, iako je pomak vidljiv, rezultati su i dalje u prednjem dijelu dijagrama. Uočljivija je promjena distribucije rezultata za ispitanike vezano za uvjerenja o učenju – kombinacije stupnjeva uvjerenja više su raspršene po dijagramu nego li u prethodnoj fazi ispitivanja. U konačnoj fazi istraživanja, po završetku kolegija Metodika nastave kemije, uočava se veća homogenost. Premda rezultati ukazuju i dalje na više tradicionalna uvjerenja (donji dio), dolazi do vidljivog pomaka kombinacije stupnjeva uvjerenja prema sredini dijagrama. To ukazuje malen pomak prema suvremenim uvjerenjima koja su više u skladu s novim i suvremenim teorijama učenja i poučavanja.

4.2. Metodičko znanje

Rezultati vezani uz metodičko znanje budućih nastavnika dani su, obzirom na vrijeme provedbe istraživanja, kao objedinjeni rezultati sva tri sveučilišta i kao usporedni rezultati dominantne razine metodičkog znanja iskazane na svakom od sveučilišta. Na kraju je dana usporedba iskazane dominantne razine metodičkog znanja za svako od sveučilišta ovisno o vremenu provedbe istraživanja. Istraživačka pitanja vezana za ovaj dio rezultata jesu:

(iii) Koje metodičko znanja, s posebnim naglaskom na čestičnu prirodu tvari, budući nastavnici kemije u Hrvatskoj imaju u različitim etapama svog sveučilišnog obrazovanja za nastavnike?

(iv) Postoje li razlike i/ili sličnosti u metodičkom znanju o čestičnoj prirodi tvari budućih nastavnika kemije u Hrvatskoj u različitim etapama njihovog sveučilišnog obrazovanja?

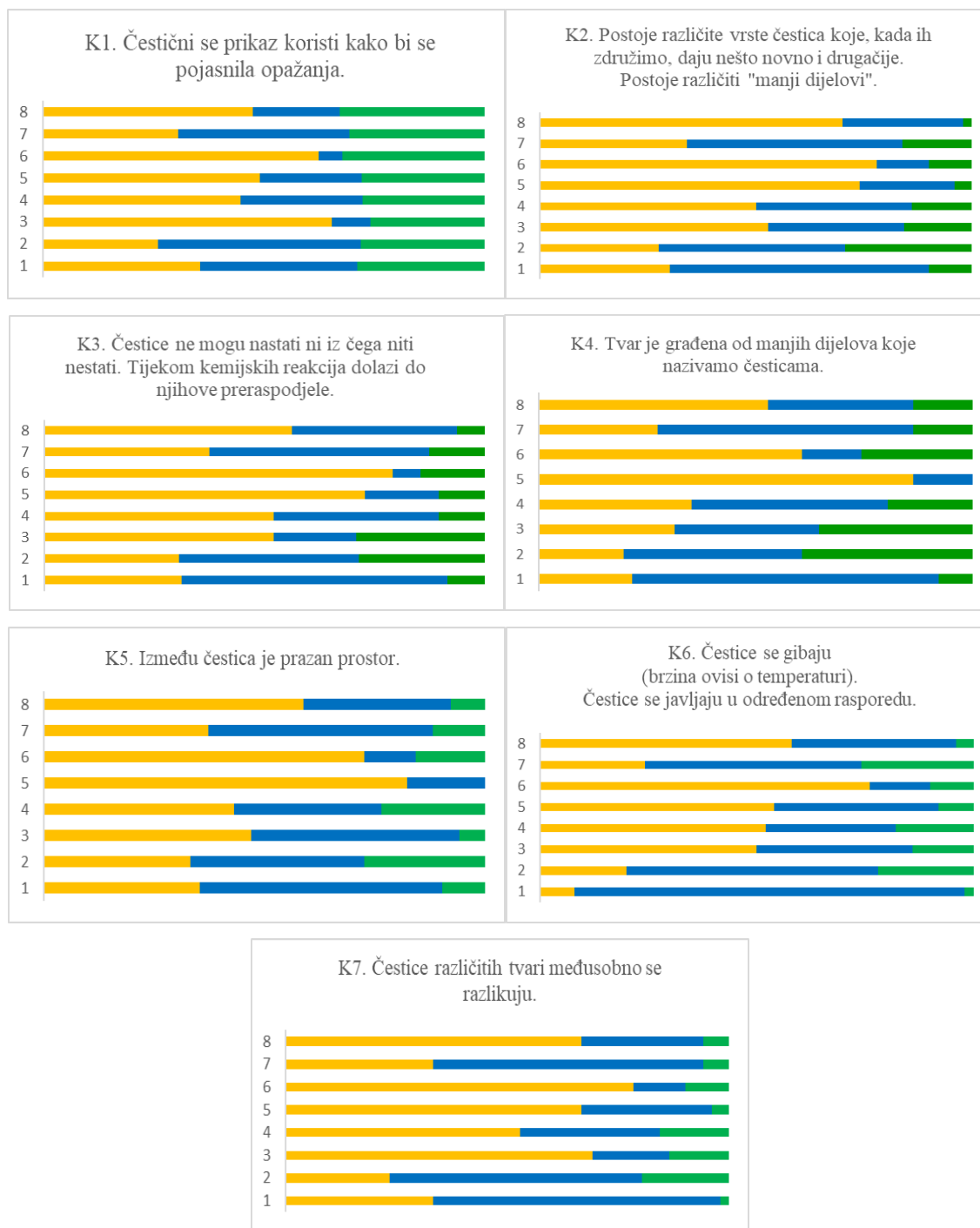
(v) Dolazi li do promjene dominantne razine metodičkog znanja o čestičnoj prirodi tvari budućih nastavnika kemije istog sveučilišta u različitim etapama njihovog sveučilišnog obrazovanja?

Prikupljeni su rezultati analizirani te podijeljeni na tri razine: prva razina metodičkog znanja (MZ1) koja je označena žutom bojom, plava boja predstavlja drugu razinu metodičkog znanja (MZ2) dok je treća razina metodičkog znanja (MZ3) označena zelenom bojom. Rezultati pokazuju metodičko znanje za koncepte o čestičnoj prirodi tvari prema Loughran i sur., 2006):

1. Čestični se prikaz koristi kako bi se pojasnila opažanja. (K1)
2. Postoje različite vrste čestica koje, kada ih združimo, daju nešto novo i drugačije. Postoje različiti „manji dijelovi“. (K2)
3. Čestice ne mogu nastati ni iz čega niti nestati. Tijekom kemijskih reakcija dolazi do njihove preraspodjele. (K3)
4. Tvar je građena od manjih dijelova koje nazivamo česticama. (K4)
5. Između čestica je prazan prostor. (K5)
6. Čestice se gibaju (brzina ovisi o temperaturi). Čestice se javljaju u određenom rasporedu. (K6)
7. Čestice različitih tvari međusobno se razlikuju. (K7)

4.2.1. Početna faza – prva faza ispitivanja

Prikaz rezultata metodičkog znanja budućih nastavnih kemije u Hrvatskoj u početnoj fazi provedbe istraživanja, neovisno o fakultetu koji pohađaju, dan je Slikom 9.



Slika 9. Metodičko znanje budućih nastavnika kemije o čestičnoj prirodi tvari u početnoj fazi istraživanja (brojevi označavaju redni broj pitanja)

Kao što je vidljivo iz Slike 9., razina metodičkog znanja budućih nastavnika kemije u prvoj fazi istraživanja, tj. prije početka kolegija Metodika nastave kemije, prilično je heterogena te ovisi i o samom konceptu koji je ispitivan i o pitanju. Duljina obojane linije razmjerna je broju ispitanika koja je iskazala određenu razinu metodičkog znanja. Polazeći od samih dijagrama prikazanih Slikom 9. nije moguće dati generalnu razinu metodičkog znanja obzirom da ono ovisi i o ispitivanom konceptu i o ispitivanoj domeni metodičkog znanja. U ovoj fazi istraživanja prevladava prva razina (žuto) metodičkog znanja dok je najmanje zastupljena treća razina (zelena boja).

Usporedbom rezultata svih sedam ispitivanih koncepata, treću je razinu metodičkog znanja iskazalo najviše ispitanika za koncept K1 o upotrebi čestične građe prilikom pojašnjenja opažanja (P7: „...*učenje otkrivanjem pomoću pokusa otapanja soli, primjerice modre galice, pri čemu učenici vode bilješke te slijedi razredna rasprava o istima uz povezivanje makroskopske i čestične razine iza samog pokusa...*“). Sljedeći koncept po zastupljenosti treće razine metodičkog znanja, premda ne kod svih pitanja, koncept je K4 o čestičnoj građi tvari. Najviše je ispitanika prvu razinu znanja iskazalo, neovisno o pitanju, za koncept razlike čestica različitih tvari (K7). Metodičko znanje za koncepte o različitosti i reaktivnosti čestica (K2), postojanosti čestica (K3) te o prostoru među česticama i gibanjima samih čestica (K5 i K6) podjednake je distribucije između prve i druge razine (žuta i plava boja). Treća razina metodičkog znanja iskazana je, u manjoj zastupljenosti, za koncepte K4 i K5 i to vezano uz pitanja utjecaja na poučavanje tih koncepata (P4-P6).

Kod rezultata vezanih uz domenu metodičkog znanja orijentacije prema poučavanju prirodoslovlja (pitanja P1 i P2 o namjeri poučavanja i važnosti razumijevanja koncepta), neovisno o konceptu, dominira plava boja koja predstavlja drugu razinu metodičkog znanja. Treća je razina metodičkog znanja najviše iskazana kod koncepta K4 o čestičnoj građi tvari: „...*važno je jer nam čestična razina daje pojašnjenja koja mi vidimo (makroskopska razina)...*“; „...*to je temelj za daljnje učenje kemije i razumijevanje novog gradiva...*“. Za isto je pitanje prva razina iskazana najviše kod koncepta K5 („...*zbog građe tvari...*“; „...*ne vidim važnost ovog koncepta...*“). Ukazuje to da je, u trenutku ispitivanja, znanje o orijentaciji prema poučavanju prirodoslovlja na višoj razini od, primjerice, znanja o učeničkom razumijevanju prirodoslovlja (P4-P6 o ograničavajućim faktorima poučavanja i prethodnim predznanjima učenika). Za potonja je pitanja najviše ispitanika pokazalo prvu razinu metodičkog znanja (žuta boja).

Šire osobno znanje, kako o samom konceptu, tako i o kurikulu (P3), za sve je koncepte u velikoj mjeri na prvoj razini metodičkog znanja. Izuzetak su koncept K4 o čestičnoj građi tvari kod kojeg je prva razina metodičkog znanja najmanje zastupljena i koncept K5 o prostoru među česticama kod kojeg je jednaka distribucija znanja između prve i druge razine. Znanje o učeničkom razumijevanju (P4 – P6) većinski je na prvoj razini metodičkog znanja, posebno za pitanja o učeničkim predznanjima (P5) i ostalim čimbenicima koji mogu utjecati na poučavanje (P6). Druga razina metodičkog znanja većinski je iskazana za metodičko znanje o nastavnim strategijama i metodama poučavanja (P7) za sve navedene koncepte („...*radit ćemo pokus, učenici će voditi bilješke i crtež vezano uz pokus...*“; „...*uz demonstracijski pokus pogledat ćemo video koji sadrži čestični prikaz pokusa...*“). Za ovu domenu metodičkog znanja treća je razina najmanje iskazana, uz iznimku koncepata K1 i K6 kod kojih je podjednaka distribucija između prve i treće razine metodičkog znanja. Znanje o vrednovanju (P8) većinski je na prvoj razini metodičkog znanja. Sljedeća po zastupljenosti je druga je razina metodičkog, osim kod koncepta K1 (MZ3).

U Tablici 18. dan je prikaz dominantne razine metodičkog znanja iskazane na svakom od tri sveučilišta u početnoj fazi istraživanja. Ponovno je prva razina metodičkog znanja označena žutom bojom, plava boja predstavlja drugu razinu znanja dok je treća razina metodičkog znanja označena zelenom bojom. Ukoliko je jednak broj ispitanika iskazao dvije ili sve tri razine metodičkog znanja, pravokutnik je podijeljen na dva ili tri manja označenih prikladnim bojama.

Obzirom da se radi o istim ispitanicima, dominantna razina znanja (Tablica 18.) većinom je jednaka onoj iskazanoj kod zbirnih rezultata sva tri sveučilišta (Slika 9.) uz minimalna odstupanja kod pojedinih sveučilišta. Gledajući sveobuhvatno, dominantna razina koja je većinski iskazana jest prva razina metodičkog znanja. Iznimke su, neovisno o sveučilištu, pitanja vezana za namjeru i svrhu poučavanja navedenih koncepata (P1 i P2) te pitanje o nastavnim metodama (P7).

Tablica 18. Usporedba dominante razine metodičkog znanja iskazane na svakom od sveučilišta u početnoj fazi istraživanja (žuta = prva razina MZ, plava = druga razina MZ, zelena = treća razina MZ)

Pitanje	Sv.	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
1. Što želite da učenici nauče temeljem ovog koncepta?	A							
	B							
	C							
2. Zašto je važno da učenici razumiju ovaj koncept?	A							
	B							
	C							
3. Što još znate o ovom konceptu (no s time još ne namjeravate upoznati Vaše učenike)?	A							
	B							
	C							
4. Koje su moguće poteškoće ili ograničenja povezani s poučavanjem ovog koncepta?	A							
	B							
	C							
5. Koja prethodna znanja učenika mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?	A							
	B							
	C							
6. Koji još čimbenici, ukoliko postoje, mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?	A							
	B							
	C							
7. Koje nastavne metode koristite za poučavanje ovog koncepta? Zašto?	A							
	B							
	C							
8. Kako provjeriti usvojenost, tj. (ne)razumijevanje ovog koncepta?	A							
	B							
	C							

Najbolji rezultati, većinski druga razina metodičkog znanja kao dominantna, iskazani su za već spomenuta prva dva pitanja. Na ova su pitanja, kao dominantne, iskazane sve tri razine metodičkog znanja te ovise, kako o ispitivanom konceptu, tako i o sveučilištu. Kod prvog je pitanja, na Sveučilištima B i C, dominantna druga razina metodičkog znanja neovisno o ispitivanom konceptu. Iznimka je koncept K1 na Sveučilištu B (MZ3). Na Sveučilištu A niti za jedan od ispitivanih koncepata nije iskazana treća razina kao dominantna. Na pitanje o važnosti razumijevanja ispitivanih koncepata (P2) na Sveučilištu C su kao dominante iskazane, ovisno

o konceptu, sve tri razine metodičkog znanja. Prva razina metodičkog znanja nije iskazana kao dominantna niti za jedan od ispitivanih koncepata na Sveučilištima A i B. To je pitanje ujedno i jedino pitanje na sva tri sveučilišta za koje je, barem za jedan od navedenih koncepata, iskazana treća razina metodičkog znanja i to za koncepte K2 i K5 na Sveučilištu A, koncepte K3 i K4 na Sveučilištu B te koncept K4 na Sveučilištu C.

Kod šireg (i dubljeg) znanja o samom konceptu (P3) distribucija dominantnih razina prilično je heterogena među sveučilištima. Na Sveučilištu A i Sveučilištu B, kao dominante, iskazane su sve tri razine metodičkog znanja, za razliku od Sveučilišta C na kojem je to znanje na prvoj razini, kao dominantnoj, za sve koncepte. Izuzetak je koncept K4 o čestičnoj građi tvari na Sveučilištu C s podjednakom distribucijom dominante razine između prve i druge razine znanja. Gledajući koncepte, za koncepte K1 i K7 na svim je sveučilištima kao dominantna iskazana isključivo prva razina metodičkog znanja.

Na četvrto pitanje, o mogućim poteškoćama/ograničenjima vezanim uz poučavanje koncepta, najviše je ispitanika na Sveučilištu A iskazalo više razine znanja (isključivo MZ2 i MZ3). S druge strane, dominantna razina metodičkog znanja ispitanika preostalih dvaju sveučilišta je prva razina metodičkog znanja (iznimka je K4 na Sveučilištu B). Na pitanje P4 za koncept K4 iskazana je različita dominantna razina metodičkog znanja na sva tri sveučilišta. Neovisno o sveučilištu, prva je razina metodičkog znanja dominantna za peto pitanje o prethodnim znanjima učenika vezanim uz koncepte, kao i pitanje o ostalim čimbenicima koji bi mogli utjecati na poučavanje (P6). Iznimka su, za pitanje P5, koncepti o upotrebi čestičnog prikaza za pojašnjenje opažanja (K1) i gibanju i rasporedu čestica (K6) za koje je, na Sveučilištu B, kao dominantna iskazana druga razina metodičkog znanja. Za koncept o različitosti čestica (K7) jednaka je distribucija prve i druge razine metodičkog znanja. Prva je razina metodičkog znanja dominantna za pitanje P6 neovisno o ispitivanom konceptu na Sveučilištima B i C. Za isto pitanje na Sveučilištu A dominantna razina ovisi o ispitivanom konceptu. Prisutne su sve tri razine metodičkog znanja: koncept K3 o postojanosti čestica treća razina metodičkog znanja; K6 druga razina metodičkog znanja; koncepti o čestičnoj građi tvari i prostoru među česticama (K4 i K5) podjednaka distribucija prve i treće razine znanja dok je za preostale koncepte dominantna prva razina metodičkog znanja, kao i kod preostala dva sveučilišta.

Druga razina metodičkog znanja dominantna je kod pitanja P7 (domena metodičkog znanja o nastavnim strategijama i metodama) za sve koncepte na Sveučilištima A i C (uz iznimku K1 na Sveučilištu C MZ1). S druge strane, na Sveučilištu B dominantna razina ovisi o ispitivanom konceptu i prisutne su sve tri razine, no treća je iskazana samo kod K6. Znanje o vrednovanju

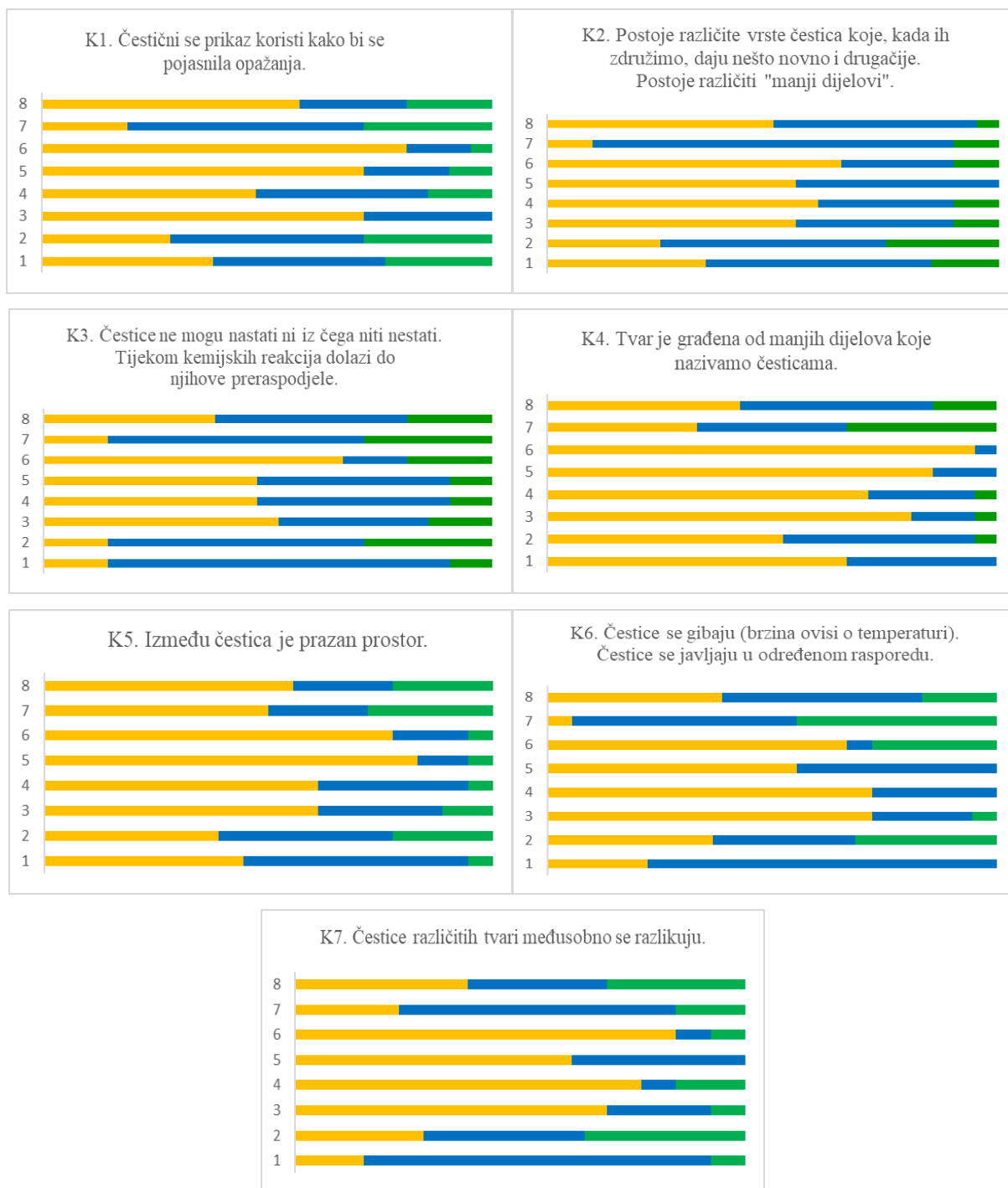
(P8) dominantno je na prvoj razini, neovisno o konceptu, na Sveučilištima A i C te većinski na Sveučilištu B (K3 druga razina metodičkog znanja te K4 i K6 podjednako iskazana prva i druga razina metodičkog znanja).

Sveobuhvatno gledajući ispitivane koncepte, metodičko je znanje na višim razinama za koncept vezan za čestičnu građu tvari (K4) te koncept o čestičnom rasporedu i gibanju (K6).

4.2.2 Međufaza – druga faza ispitivanja

Rezultati dobiveni analizom upitnika u drugoj fazi istraživanja (međufaza) prikazani su Slikom 10. Rezultati za svaki od navedenih koncepata (K1 – K7) prikazani su pripadnim dijagramom na kojem brojevi predstavljanju pitanja dok je duljina obojane linije razmjerna broju ispitanika koja je iskazala određenu razinu metodičkog znanja. Prva razina metodičkog znanja ponovno je označena žutom bojom, druga razina metodičkog znanja plavom bojom, dok zelena boja predstavlja treću razinu metodičkog znanja.

Kao što je vidljivo iz Slike 10., metodičko je znanje ispitanika prilično heterogeno u ovoj fazi ispitivanja te ovisi i o ispitivanom konceptu i o pitanju. Vidljivo je da je dominantna žuta boja (prva razina MZ) iza koje slijedi druga razina metodičkog znanja (plava boja). Treća je razina metodičkog znanja, označena zelenom bojom, najmanje zastupljena, no javlja se u većoj mjeri nego li u početnoj fazi istraživanja. Metodičko znanje, gledajući ispitivane koncepte, prilično je podjednako podijeljeno između prve i druge razine (žuta i plava boja). Treća razina znanja (zeleno boja), premda ne kao dominantna, javlja se za svih osam pitanja samo kod dva ispitivana koncepta: K3 o očuvanju čestica (npr. „... čestice su neuništive, kemijskim reakcijama prelaze u drugačije organizirane oblike, nove tvari...“; „...postavljanjem problemskih pitanja te traženjem da učenik drugim učenicima pojasni neki pojam...“) te K5 o prostoru među česticama („...tražiti od njih samih crteže na razini čestica za pojašnjenje...“). Plava boja, koja predstavlja drugu razinu metodičkog znanja, dominantnija je u konceptu o različitosti i reaktivnosti čestica (K2) („...pomoću modela učenici sami mogu pokušati spajati čestice te vidjeti da nastaje ili ne nastaje nešto novo, kroz igru...“). Prvu je razinu metodičkog znanja najviše ispitanika iskazalo za koncept o čestičnoj građi tvari (K4). Za preostale je koncepte iskazano metodičko znanje većinski između prve i druge razine. To ukazuje da ispitivano metodičko znanje uvelike ovisi o pitanju, odnosno domeni metodičkog znanja koja se ispitivala.



Slika 10. Metodicko znanje budućih nastavnika kemije o čestičnoj prirodi tvari u međufazi istraživanja (brojevi označavaju redni broj pitanja)

Za domene metodickog znanja o orijentaciji ka poučavanju prirodoslovlja (P1, P2) druga je razina (plava boja) dominantna za gotovo sve koncepte. I dok su sve tri razine metodickog znanja zastupljene u preostalim konceptima, treću razinu metodickog znanja na pitanje o namjeri poučavanja koncepta (P1) nije iskazao niti jedan od ispitanika za koncepte K4 i K6. Treća je razina metodickog znanja, općenito, više zastupljena u pitanju o važnosti poučavanja

navedenih koncepata (P2) („...učenicima je lakše vizualizirani kemijske procese na čestičnoj razini...“; „...shvaćanje i razumijevanje daljnjeg gradiva kemije...“). O širem aspektu ispitivanih koncepata (P3) najviše ispitanika iskazuje prvu razinu metodičkog znanja i to neovisno o ispitivanom konceptu („...ni sama ne znam što točno misliti o konceptu već neke dijelove nagađam...“; „...svašta...“). Za koncept K1 o upotrebi čestičnog prikaza za pojašnjenje opažanja niti jedan od ispitanika nije pokazao treću razinu znanja već je ona, većinski, na prvoj razini metodičkog znanja. Treću razinu metodičkog znanja, ukoliko i je iskazana na pitanje P3 o širem aspektu koncepta, pokazuje tek malen broj ispitanika.

Za znanje o učeničkom razumijevanju prirodoslovlja u većoj je mjeri iskazana prva razina metodičkog znanja nego li preostale dvije. Ovo je ujedno i domena metodičkog znanja za koju je na pitanje P5 o prethodnim znanjima učenika koja mogu utjecati na poučavanje koncepta treća razina najmanje iskazana; i to za nekoliko koncepata (K2, K4, K6, K7). Kod pitanja vezanih za potencijalne poteškoće i ograničenja te čimbenike koji mogu utjecati na poučavanje (P4 i P6) dominantno je iskazana prva razina znanja (žuta boja), neovisno o ispitivanom konceptu. Posebno se to ističe za pitanje P6 o ostalim čimbenicima koji mogu utjecati na poučavanje („...nema ograničenja...“; „...prethodna znanja...“; prazne rubrike). S druge strane, upravo je za to pitanje sljedeća po zastupljenosti treća razina metodičkog znanja (kod K3, K6 i K7) što se vidi iz odgovora koji kao potencijalna ograničenja i poteškoće u poučavanju navode, primjerice, sam pristup obradi koncepta i (ne)razumijevanje istog od strane nastavnika ili pak razrednu atmosferu (komunikacija, disciplina, ozračje poučavanja).

Za pitanje o nastavnim metodama poučavanja navedenih koncepata (P7) rezultati su prilično heterogeni te su, neovisno o konceptu, iskazane sve tri razine metodičkog znanja. Dominantnija je plava boja koja predstavlja drugu razinu metodičkog znanja („...koristila bih pokus koji ja izvodim, pa da učenici zapisuju opažanja, ali i da ih nacrtaju, po mogućnosti na razini čestica...“). I za znanje od vrednovanju (P8) rezultati su heterogeni te su zastupljene sve tri razine metodičkog znanja. Premda se javljaju sve tri razine metodičkog znanja, veću zastupljenost imaju žuta i plava boja, tj. prva (ispitivanje pred pločom, domaća zadaća, „...Je li vam jasno?...“ i druga razina (kviz znanja, rješavanje radnog listića, zadaci prepoznavanja čestičnog prikaza reakcije) metodičkog znanje, ovisno o ispitivanom konceptu. Iako zastupljena, treća razina metodičkog znanja najmanje je iskazana.

Dominantna razina metodičkog znanja iskazana između dva semestra kolegija Metodika nastave kemije (međufaza istraživanja) na svakom od dva sveučilišta, kod kojih je kolegij bio dvosemestralan tj. još uvijek je bio u tijeku u ovoj fazi istraživanja, prikazana je u Tablici 19.

Žuta boja označava prvu razinu metodičkog znanja, druga razina metodičkog znanja označena je plavom bojom, dok zelena boja predstavlja treću razinu metodičkog znanja. Pravokutnik podijeljen na dva ili tri manja, označenih prikladnim bojama, označava da je jednak broj ispitanika izrazio određene razine znanja, odnosno da nema jedne dominante.

Tablica 19. Usporedba dominante razine metodičkog znanja iskazane na svakom od sveučilišta u međufazi (žuta = prva razina MZ, plava = druga razina MZ, zelena = treća razina MZ)

Pitanje	Sv.	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
1. Što želite da učenici nauče temeljem ovog koncepta?	B							
	C							
2. Zašto je važno da učenici razumiju ovaj koncept?	B							
	C							
3. Što još znate o ovom konceptu (no s time još ne namjeravate upoznati Vaše učenike)?	B							
	C							
4. Koje su moguće poteškoće ili ograničenja povezani s poučavanjem ovog koncepta?	B							
	C							
5. Koja prethodna znanja učenika mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?	B							
	C							
6. Koji još čimbenici, ukoliko postoje, mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?	B							
	C							
7. Koje nastavne metode koristite za poučavanje ovog koncepta? Zašto?	B							
	C							
8. Kako provjeriti usvojenost, tj. (ne)razumijevanje ovog koncepta?	B							
	C							

Dominantna razina metodičkog znanja iskazana na svakom od dvaju sveučilišta velikim je dijelom u skladu s razinom metodičkog znanja koja je većinski iskazana kod zbirnih rezultata na razini oba sveučilišta (Slika 10). Kao i u početnoj fazi istraživanja, i ovdje iskazana dominantna razina metodičkog znanja ovisi i o domeni, odnosno pitanju, kao i o samom konceptu. Za većinu je pitanja, neovisno o konceptu, dominantna prva razina metodičkog znanja.

Iznimka su pitanja vezana uz znanje o nastavnim strategijama i metodama (P7) te orijentaciji prema poučavanju prirodoslovlja (P1 i P2). Razlika između iskazane dominantne razine metodičkog znanja uočljivija je među pitanjima nego li među ispitivanim konceptima.

Najbolji rezultati, odnosno više razine metodičkog znanja iskazane kao dominantne, jesu na pitanje P7 o upotrebi nastavnih metoda, odnosno za znanje o nastavnim metodama i strategijama. Tako su na Sveučilištu C dominantne druga i treća razina znanja („...*pokusi kojima se utvrđuje brzina odvijanja reakcija i kako temperatura utječe, a uz to bih stavila i simulaciju čestica i utjecaja temperature na računalu...*“) te niti za jedan od ispitivanih koncepata, kao dominantna, nije iskazana prva razina znanja. Na Sveučilištu B dominantna je druga razina znanja za sve koncepte osim K4 (čestična građa tvari) i koncept K5 o prostoru među česticama (MZ1). Znanje o vrednovanju (P8) na prvoj je razini metodičkog znanja, kao dominantnoj, na Sveučilištu B za sve koncepte, izuzev koncepta K6 o gibanju i rasporedu čestica (MZ2). Na Sveučilištu C heterogeniji su rezultati dominantne razine metodičkog znanja te ovise o ispitivanom konceptu. Tako su, kao dominantne, iskazane sve tri razine metodičkog znanja, ali i podjednaka distribucija dviju razina za pojedine koncepte. Prva je razina metodičkog znanja dominantna za koncepte o korištenju čestičnog prikaza za pojašnjenje opažanja (K1) i koncept K3 o očuvanosti čestica. Za koncept čestičnoj građi tvari (K4) znanje je na drugoj razini dok je treća razina metodičkog znanja, kao dominantna, iskazana za koncepte o međučestičnom prostoru (K5) te različitosti čestica (K7) (npr. „...*primjenom igre koju bih sama osmislila, a bazirala bi se na različitim česticama i što se s njim događa...*“). Za preostala dva koncepta jednaka je distribucija dviju razina znanja; MZ1 i MZ2 za koncept o različitosti čestica (K2) te za K6 o gibanju i raspodjeli čestica MZ1 i MZ3.

Za pitanje namjere poučavanja (P1) određenog koncepta rezultati prikazane dominantne razine metodičkog znanja gotovo su identični za oba sveučilišta. Većinski je, kao dominantna, iskazana druga razina metodičkog znanja i to, neovisno o sveučilištu, za koncepte K2, K3, K6, K7. Za koncept K1 o korištenju čestičnog prikaza za pojašnjenje opažanja podjednaka je distribucija odgovora između prve i druge razine znanja na oba sveučilišta, kao i za koncept o prostoru među česticama (K5) na Sveučilištu C. Prva razina metodičkog znanja dominantna je na oba sveučilišta za koncept čestične građe tvari (K4). Na Sveučilištu B većinski je iskazana druga razina metodičkog znanja kao dominantna na pitanje (P2) o važnosti poučavanja ispitivanih koncepata („...*zbog opisivanja i prikazivanja kemijskih promjena na čestičnoj razini...*“; „...*zbog razumijevanja kemijskih reakcija koje se zapravo odvijaju na razini čestica, da im bude jasno što se događa tijekom pokusa...*“). Jednak je broj ispitanik iskazao prvu i

drugu razinu metodičkog znanja na isto pitanje vezano za koncepte K6 o gibanju čestica te K7 o različitosti istih. Jedino je za koncept K4 o čestičnoj građi tvari dominantna prva razina metodičkog znanja. S druge strane na Sveučilištu C, na isto to pitanje (P2), treća je razina metodičkog znanja iskazana kao dominantna za koncepte K5, K6 i K7. Za koncept o korištenju čestičnog prikaza kod pojašnjenja opažanja (K1) jednak je broj ispitanika izrazio prvu („...razumijevanje građe tvari...“) i treću razinu metodičkog znanja („...logičko poimanje promjena koje gledamo na makro razini, a događaju se na mikro...“; „...dublje razumijevanje kemije i lakše učenje novih znanja...“).

Šire i dublje znanje o ispitivanim konceptima (P3) na prvoj je razini metodičkog znanja, kao dominantnoj, za gotovo sve ispitivane koncepte neovisno o sveučilištu. Jednak broj ispitanika iskazao je prvu i drugu razinu znanja za koncept K2 o različitosti i reaktivnosti čestica (Sveučilište B) te na Sveučilištu C za koncept o prostoru među česticama (K5). Sve tri razine metodičkog znanja jednako su izražene na Sveučilištu C za koncept K7 o međusobnom razlikovanju čestica različitih tvari.

Rezultati znanja o učeničkom razumijevanju prirodnoslovlja homogeni su, neovisno o pitanju ili ispitivanom konceptu. Većinski je iskazana prva razina metodičkog znanja, kao dominantna razina, uz tek pokoju iznimku. Tako je jednaka distribucija odgovora između prve i druge razine metodičkog znanja na pitanje P4 (potencijalne poteškoće/ograničenja vezani uz poučavanje) za koncepte K1 (Sveučilište B) i K5 (Sveučilište C). Druga razina metodičkog znanja, kao dominantna, iskazana je jedino za koncept o postojanosti čestica (K3) na Sveučilištu B. Kod pitanja o prethodnim znanjima učenika (P5) za koncepte K3 o postojanosti čestica (Sveučilište B) te K7 o različitosti čestica (Sveučilište C) kao dominantna je razina iskazana druga razina metodičkog znanja. Najhomogeniji rezultati dominantne razine metodičkog znanja iskazani su na pitanje o ostalim čimbenicima koji mogu utjecati na poučavanje (P6) – na oba je sveučilišta za sve koncepte kao dominantna iskazana prva razina metodičkog znanja („...svašta...“; „...puno toga...“, prazne rubrike). Izuzetak je jedino koncept K6 o gibanju i rasporedu čestica na Sveučilištu C za koji je dominantna treća razina metodičkog znanja („...nedostatak računalne opreme za lakšu i bolju vizualizaciju nečeg što je apstraktno učenicima...“; „...teža dostupnost kemikalija za pokuse koji bi predočili koncept...“; „...zainteresiranost učenika za ovu temu koja im je možda malo apstraktna, sposobnost nastavnika da je približi učenicima...“).

Kao što je već spomenuto, značajnije su razlike razina znanja obzirom na domene metodičkog znanja, odnosno pitanja, nego li na same koncepte. No s gledišta koncepata, niže razine metodičkog znanja iskazane su za koncept o čestičnoj građi tvari (K4). Na Sveučilištu B za taj

je koncept, kao dominantna, iskazana prva razina metodičkog znanja i to neovisno o pitanju. Za koncept K7 o različitosti čestica iskazane su, kao dominantne, više razine metodičkog znanja. I dok su na Sveučilištu B kao dominantne razine metodičkog znanja iskazane isključivo prva ili druga razina metodičkog znanja u ovoj fazi istraživanja, na Sveučilištu C su, kao dominantne, iskazane sve tri razine metodičkog znanja ovisno o domeni ispitivanja,. Znanje o nastavnim strategijama i metodama, znanje o vrednovanju te orijentacija prema poučavanju prirodoslovlja na višim je razinama metodičkog znanja što u skladu sa zbirnim rezultatima u ovoj fazi istraživanja.

4.2.3. Treća faza istraživanja – konačna faza

Slika 11. prikazuje rezultate anketnih upitnika ispunjanih u trećoj, konačnoj, fazi istraživanja po završetku kolegija Metodika nastave kemije, no prije obrane diplomskog rada. Za svaki je ispitivani koncept (K1-K7) napravljen pripadni dijagram. Žuta boja označava prvu razinu metodičkog znanja, plava boja drugu razinu metodičkog znanja te zelena boja treću razinu metodičkog znanja. Duljina linije razmjerna je broju ispitanika koja je izrazila određenu razinu metodičkog znanja.

I ovdje je razina metodičkog znanja heterogena te ovisi, kako o ispitivanom konceptu, tako i o samoj domeni, odnosno pitanju, i to u većoj mjeri nego li o samom ispitivanom konceptu. Prva razina znanja (žuta boja) dominira, posebice kod određenih domena metodičkog znanja, odnosno pitanja. Jedini koncept za koji su ispitanici iskazali, neovisno o pitanju, sve tri razine metodičkog znanja jest koncept K4 o čestičnoj građi tvari. Usprkos tome, to je i koncept kod kojeg žuta boja (prva razina metodičkog znanja) dominira, posebice za određena pitanja. Za pitanje P6 o potencijalnim čimbenicima koji mogu utjecati na poučavanje kod koncepta o korištenju čestičnog prikaza za pojašnjenje opažanja (K1) samo je, i jedino, iskazana prva razina metodičkog znanja („...*nema drugih čimbenika*...“; „...*još neki čimbenici*...“). Plava i zelena boja (druga i treća razina metodičkog znanja) javljaju se u većoj mjeri nego li kod prethodnih faza ispitivanja, posebice kod određenih domena metodičkog znanja (pitanja). Također, za određena pitanja, drugu i treću razinu metodičkog znanja iskazalo je više ispitanika nego li prvu razinu metodičkog znanja.



Slika 11. Metodičko znanje budućih nastavnika kemije o čestičnoj prirodi tvari u konačnoj fazi istraživanja (brojevi označavaju redni broj pitanja)

Gledajući iz aspekta pitanja, za domene o nastavnim strategijama i metodama (P7) te vrednovanju (P8), kao i za domenu orijentacije prema poučavanju prirodoslovlja (P1 i P2), iskazane su više razine metodičkog znanja. Dominiraju druga i treća razina metodičkog znanja, ovisno o ispitivanom konceptu, uz manji udio ispitanika koji pokazuje prvu razinu metodičkog

znanja. Na pitanje P1 o svrsi poučavanja ispitivanih koncepata dominira druga razina metodičkog znanja kod većine koncepata, izuzev K4 (MZ1). Slični su rezultati iskazani i za pitanje o važnosti razumijevanja koncepta (P2). Većina je ispitanika iskazala drugu razinu metodičkog znanja dok je kod koncepata o reaktivnosti čestica (K2) te gibanju čestica (K6) i njihovoj različitosti (K7) najzastupljenija treća razina metodičkog znanja („...razumijevanje budućih sadržaja...“; „da lakše shvate ono što se uči...“). Za pitanje P3 o širem osobnom znanju i domeni kurikula prirodoslovlja metodičko je znanje između prve i druge razine. Treću razinu, ukoliko i je iskazana (primjerice za K5 i K6 uopće nije), iskazuje manji broj ispitanika, uz iznimku za koncept o različitosti i reaktivnosti čestica (K2).

Kod domene znanja o učenikom razumijevanju prirodoslovlja dominira žuta boja, tj. prva razina metodičkog znanja, poslije koje slijedi druga razina metodičkog znanja. Rezultati variraju ovisno o pitanju. Na pitanje o potencijalnim poteškoćama i ograničenjima poučavanja koncepata (P4) podjednako su iskazane sve tri razine metodičkog znanja. Izuzeci su za koncept K4 (čestična građa tvari) te koncept o gibanju čestica (K6) za koje veći broj ispitanika pokazuje prvu razinu znanja („...meni ovaj koncept nije jasan...“ za K4). Kod pitanja P5 o prethodnim znanjima učenika niti za jedan od koncepata, osim manjeg broj ispitanika za K4, nije iskazana treća razina znanja. Prva i druga razina znanja podjednako su zastupljene. Najniža razina znanja za ovu domenu iskazana je na pitanje P6 o ostalim čimbenicima koji mogu utjecati na samo poučavanje koncepata. Tako su, primjerice, kod koncepta o upotrebi čestičnog prikaza za pojašnjenje opažanja (K1) svi ispitanici iskazali prvu razinu znanja (prazne rubrike, „...nema dodatnih čimbenika...“; „...sami učenici koji ne razumiju osnove...“). Za ostale koncepte, iako su prisutne sve tri razine metodičkog znanja, uvelike dominira prva razina.

I za domenu o nastavnim strategijama i metodama (P7) i za domenu o vrednovanju (P8) iskazane su sve tri razine metodičkog znanja. Pri tome, veći dio ispitanika pokazuje metodičko znanje na drugoj razini vezano uz nastavne strategije i metode („...dobili bi radni listić s pokusom, a opažanja bi trebali nacrtati i sa strane čestica...“). Treća razina sljedeća je po zastupljenosti za koncepte o upotrebi čestičnog prikaza kod pojašnjenja opažanja, čestičnoj građi tvari, prostoru među česticama te gibanju i rasporedu čestica (K1, K4, K5, K6). Slični su rezultati i za domenu vrednovanja („...samostalno pojašnjenje čestičnog prikaza u razredu, meni ili drugim učenicima...“). Premda su za sve koncepte zastupljene sve tri razine metodičkog znanja, sljedeća po zastupljenosti poslije druge razine jest prva razina metodičkog znanja.

U ovoj je fazi istraživanja treća razina znanja zastupljenija nego li u prethodnim, no i dalje u manjoj mjeri od prve razine. Razina iskazanog metodičkog znanja više varira o samoj domeni ispitivanja nego li o ispitivanom konceptu. To je uočljivo kod koncepta K4 o čestičnog građi tvari gdje je znanje o nastavnim strategijama i metodama na višoj razini nego li, primjerice, znanje o učeničkom razumijevanju prirodoslovlja.

U Tablici 20. dan je prikaz iskazane dominante razine metodičkog znanja na svakom od tri sveučilišta u trećoj fazi istraživanja. Prva je razina metodičkog znanja označena žutom bojom, plava boja označava drugu razinu, ako pak je kao dominantna iskazana treća razina metodičkog znanja pravokutnik je zelene boje. Ukoliko je jednak broj ispitanika izrazio dvije, ili sve tri razine metodičkog znanja, tada je pravokutnik podijeljen na dva ili tri manja koja su označena prikladnim bojama. Kao i kod objedinjenih rezultata svih ispitanika (Slika 11.) dominantna razina više se razlikuje po domeni metodičkog znanja, odnosno pitanju, nego li po ispitivanom konceptu. Dominantna razina svakog od sveučilišta većinom prati objedinjene rezultate svih triju sveučilišta, uz tek pokoje odstupanje.

Za domene znanja o vrednovanju (P8), nastavnim metodama i strategijama (P7) te orijentaciji prema poučavanju prirodoslovlja (P1 i P2) iskazane su više razine znanja nego li za preostale. Za znanje o učeničkom razumijevanju prirodoslovlja (P4-P6) dominantna razina znanja iskazana na Sveučilištu C i Sveučilištu A viša je od one iskazane razini objedinjenih rezultata svih triju sveučilišta. Razina metodičkog znanja iskazana kao dominantna na svakom od sveučilišta velikim je dijelom u skladu s razinom metodičkog znanja iskazanom na pojedina pitanja u objedinjenim rezultatima (Slika 11.).

Tablica 20. Usporedba dominante razine metodičkog znanja iskazane na svakom od sveučilišta u konačnoj fazi istraživanja (žuta = prva razina MZ, plava = druga razina MZ, zelena = treća razina MZ)

Pitanje	Sv.	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
1. Što želite da učenici nauče temeljem ovog koncepta?	A							
	B							
	C							
2. Zašto je važno da učenici razumiju ovaj koncept?	A							
	B							
	C							
3. Što još znate o ovom konceptu (no s time još ne namjeravate upoznati Vaše učenike)?	A							
	B							
	C							
4. Koje su moguće poteškoće ili ograničenja povezani s poučavanjem ovog koncepta?	A							
	B							
	C							
5. Koja prethodna znanja učenika mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?	A							
	B							
	C							
6. Koji još čimbenici, ukoliko postoje, mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?	A							
	B							
	C							
7. Koje nastavne metode koristite za poučavanje ovog koncepta? Zašto?	A							
	B							
	C							
8. Kako provjeriti usvojenost, tj. (ne)razumijevanje ovog koncepta?	A							
	B							
	C							

Na pitanje P1 na Sveučilištu C iskazane su sve tri razine znanja kao dominante (ili uz jednaku raspodjelu odgovora). Na preostala je dva sveučilišta, kao dominantna, iskazana druga razina metodičkog znanja. Iznimke su na Sveučilištu B (K4 MZ1) te K2 i K4 na Sveučilištu A (MZ1). Na sva je tri sveučilišta za koncepte o postojanosti čestica (K3), gibanju i rasporedu čestica (K6) te različitosti čestica (K7) dominantna druga razina metodičkog znanja. Na pitanje o važnosti razumijevanja koncepta (P2) također su, kao dominante, iskazane sve tri razine znanja, no ovog puta na Sveučilištima B i C. Na Sveučilištu C više je puta, kao dominantna, iskazana

druga razina znanja nakon koje po zastupljenosti slijedi treća, a tek potom prva razina metodičkog znanja. Prva razina metodičkog znanja nije dominantna niti za jedan od ispitivanih koncepata na Sveučilištu A. Na istom su sveučilištu dominante treća razina za koncepte o različitosti i reaktivnosti čestica, čestičnoj građi tvari, gibanju i rasporedu čestica, različitosti čestica (K2, K4, K6, K7) dok je druga razina dominantna za preostale koncepte. Za niti jedan od koncepata dominantna razina nije identična na sva tri sveučilišta.

Šire znanje o samom konceptu (P3) na prvoj je razini, kao dominantnoj, na Sveučilištu B neovisno o ispitivanom konceptu („...*jako puno toga...*“; prazne rubrike). Na Sveučilištu C dominantna je prva ili druga razina metodičkog znanja, zavisno o ispitivanom konceptu. Treća razina metodičkog znanja iskazana je jedino u slučaju jednake distribucije između svih triju razina metodičkog znanja, i to za koncepte o korištenju čestičnog prikaza za pojašnjenje opažanja (K1) te o međusobnoj različitosti čestica (K7). Na Sveučilištu A iskazane su sve tri razine metodičkog znanja kao dominante, no prva (K1, K3, K4) i druga (K5, K6, K7) češće nego li treća (K2).

Na Sveučilištu A na pitanje P4 o mogućim poteškoćama/ograničenjima poučavanja iskazane su sve tri razine metodičkog znanja kao dominante, ovisno o konceptu, no najzastupljenija je druga razina metodičkog znanja („...*učenici to teže vizualno predoče...*“; „...*često se ne razmišlja na razini čestica...*“). S druge strane, dominantna razina za isto to pitanje (P4) na Sveučilištu B je prva razina, neovisno o konceptu („...*zapravo nema nekog ograničenja...*“; prazne rubrike). Na Sveučilištu C za koncepte o čestičnom prikazu za pojašnjenje opažanja (K1) te postojanosti čestica (K3) dominantna je druga razina metodičkog znanja. Jednak je broj ispitanika iskazao sve tri razine znanja za koncept o različitosti i reaktivnosti čestica (K2). Za preostale koncepte dominantna razina metodičkog znanja jest prva razina.

Prva je razina metodičkog znanja, kao dominantna, iskazana na sva tri sveučilišta na pitanje P5 o prethodnim znanjima učenika potrebnim za usvajanje koncepata za koncepte K4 (čestična građa tvari) i K5 (prostor među česticama). Na Sveučilištu C to su ujedno i jedina dva koncepta na kojima je dominantna prva razina metodičkog znanja. Za preostale koncepte metodičko je znanje na drugoj razini („...*nepoznavanje pojmova kao npr. čestica, reaktanti, produkti, preraspodjela čestica...*“; „...*učenici se prethodno nisu susreli s prikazom na razini čestica...*“). Na Sveučilištu B izuzetak od prve razine metodičkog znanja, kao dominante, je jedino koncept K3 o postojanosti čestica (MZ2). Na Sveučilištu A druga je razina metodičkog znanja, kao dominantna razina, iskazana za koncepte o upotrebi čestičnog prikaza (K1), različitosti i reaktivnosti čestica (K2) te različitosti čestica (K7). Dominantna razina metodičkog znanja

iskazanog za pitanje o čimbenicima koji mogu utjecati na poučavanje koncepta (P6) jest prva razina i to neovisno o sveučilištu i konceptu. Iznimke su koncepti postojanosti (K3) i različitosti (K7) čestica na Sveučilištu A (MZ2) te na Sveučilištu C koncept o gibanju i rasporedu čestica (K6) kod kojeg je jednak broj ispitanika iskazao sve tri razine metodičkog znanja.

Znanje o metodama i strategijama poučavanja (P7) na drugoj je razini metodičkog znanja, kao dominantnoj, na sva tri sveučilišta za koncepte o postojanosti čestica (K3) i čestičnoj građi tvari (K4). Prva razina, kao dominantna razina, metodičkog znanja („...*pomoću predavanja...*“) iskazana je samo za koncept o različitosti i reaktivnosti čestica (K2) na Sveučilištima A i B, te na Sveučilištima B i C za koncept o prostoru među česticama (K5). Na Sveučilištu A i Sveučilištu C iskazane su sve tri razine metodičkog znanja kao dominante. Na Sveučilištu A najzastupljenija je druga razina, sljedeća po zastupljenosti je treća i tek onda prva razina metodičkog znanja. Na Sveučilištu C za jednak je broj koncepata izražena druga i treća razina metodičkog znanja. Na Sveučilištu B za sve je koncepte, izuzev već spomenutih K2 i K5, dominantna druga razina metodičkog znanja.

Za znanje o vrednovanju (P8) ispitanici Sveučilišta A, kao dominantu razinu, iskazali su drugu razinu metodičkog znanja i to za sve koncepte izuzev koncepta K6 o gibanju i rasporedu čestica (MZ1). Prva razina metodičkog znanja, kao dominantna, iskazana je od ispitanika na Sveučilištu B neovisno o konceptu. Izuzetak su koncepti kod kojih je jednaki broj ispitanika izrazio prvu i drugu razinu metodičkog znanja – koncepti o različitosti i reaktivnosti čestica (K2) i čestičnoj građi tvari (K4). Na Sveučilištu C treća je razina („...*zadacima u kojima bi učenici trebali povezati opažanja pokusa koji se radio s crtežom na čestičnoj razini i zapisati jednadžbom kemijske reakcije...*“) iskazana, kao dominantna, za gotovo sve koncepte. Izuzetak su koncept K5 o prostoru među česticama (MZ2) i koncept o različitosti i reaktivnosti čestica (K2) za koji je jednak broj ispitanika iskazao sve tri razine metodičkog znanja.

Sve u svemu, u trećoj je fazi istraživanja veći broj ispitanika izrazio drugu i treću razinu metodičkog znanja što je vidljivo i iz objedinjenih rezultata (Slika 11.) i iz rezultata dominante razine na pojedinom sveučilištu (Tablica 20.). Gledajući rezultate iskazane dominante razine na sveučilištima znanje o kurikulu i znanje o učeničkom razumijevanju prirodoslovlja, ovisno o konceptu, na višoj su dominantnoj razini na nekim sveučilištima naspram istih iskazanih na zbirnoj razini. Premda su veće razlike dominante razine metodičkog znanja po domenama nego li po ispitivanim konceptima, za koncept o čestičnoj građi tvari (K4) znanje je na najnižoj razini dok je za koncept o korištenju čestičnog prikaza za pojašnjenje opažanja (K1) na najvišoj razini.

4.2.4. Prikaz dominantne razine metodičkog znanja u različitim fazama istraživanja po sveučilištima

Iskazane dominantne razine metodičkog znanja na sveučilištu u svakoj od faza istraživanja prikazane su za svako od sveučilišta u Tablicama 21. – 23. Dominantu prvu razinu označava žuta boja, drugu razinu plava, dok zelena boja predstavlja treću razinu metodičkog znanja. Ukoliko je jednak broj ispitanika izrazio dvije ili tri razine metodičkog znanja pravokutnik je podijeljen na dva ili tri manja, označenih prikladnim bojama.

4.2.4.1. Sveučilište A

Dominante razine iskazanog metodičkog znanja ispitanika, budućih nastavnika kemije sa Sveučilišta A, dane su u Tablici 21. Rezultati su prikazani za početnu (Tp) i konačnu fazu (Tk) istraživanja, odnosno prije i po završetku kolegija Metodika nastave kemije.

Tablica 21. Usporedba dominantne razine metodičkog znanja iskazane na Sveučilištu A u svim fazama istraživanja (žuta = prva razina MZ, plava = druga razina MZ, zelena = treća razina MZ)

Pitanje	Faza	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
1. Što želite da učenici nauče temeljem ovog koncepta?	Tp							
	Tk							
2. Zašto je važno da učenici razumiju ovaj koncept?	Tp							
	Tk							
3. Što još znate o ovom konceptu (no s time još ne namjeravate upoznati Vaše učenike)?	Tp							
	Tk							
4. Koje su moguće poteškoće ili ograničenja povezani s poučavanjem ovog koncepta?	Tp							
	Tk							
5. Koja prethodna znanja učenika mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?	Tp							
	Tk							
6. Koji još čimbenici, ukoliko postoje, mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?	Tp							
	Tk							
7. Koje nastavne metode koristite za poučavanje ovog koncepta? Zašto?	Tp							
	Tk							
8. Kako provjeriti usvojenost, tj. (ne)razumijevanje ovog koncepta?	Tp							
	Tk							

Dominantna razina metodičkog znanja iskazana u pojedinoj fazi istraživanja ovisi i o samom ispitivanom konceptu i o pitanju, odnosno domeni metodičkog znanja. To se posebno uočava u početnoj fazi istraživanja u kojoj joj je za pojedina pitanja heterogena distribucija dominantne razine metodičkog znanja. Za razliku od toga, na pitanja o prethodnim znanjima učenika (P5) te znanjima o vrednovanju (P8) kao dominantna je iskazana isključivo prva razina metodičkog znanja. U konačnoj je fazi istraživanja za većinu domena metodičkog znanja došlo do iskazivanja više razine znanja, kao dominantne. Kod pojedinih je pitanja, zavisno o konceptu, dominantna razina znanja bila jednaka ili niža od one iskazane u početnoj fazi istraživanja.

Najveći je napredak uočljiv za znanje o vrednovanju (P8) koje je na drugoj razini metodičkog znanja u konačnoj fazi, osim za K6 (MZ1). Najmanji se napredak može vidjeti za pitanje P5 o prethodnim znanjima učenika te pitanje P6 o ostalim čimbenicima koji mogu utjecati na poučavanje koncepta. Za pitanje P5 napredak na drugu razinu metodičkog znanja u konačnoj fazi istraživanja vidljiv je kod koncepta o korištenju čestičnog prikaza za pojašnjenje opažanja (K1), različitosti i reaktivnosti čestica (K2) te općenito različitosti čestica (K7). Na pitanje o ostalim čimbenicima (P6) koji mogu utjecati na poučavanje viša je razina metodičkog znanja iskazana jedino za koncept K7. Kod ostalih je konceptata, kao dominantna, iskazana ili jednaka ili niža razina metodičkog znanja od one iskazane u početnoj fazi.

Za pitanje o mogućim poteškoćama ili ograničenjima vezanim za poučavanje konceptata (P4) u početnoj su fazi istraživanja dominantne isključivo druga ili treća razina metodičkog znanja. U konačnoj su fazi, kao dominantne, prisutne sve tri razine metodičkog znanja. Pri tome je kod svih ispitivanih konceptata došlo ili do stagnacije dominantne razine ili do smanjivanja iste. Izuzetak je koncept K1 o korištenju čestičnog prikaza za pojašnjenje opažanja kod kojeg je to znanje na trećoj razini u konačnoj fazi istraživanja.

Na pitanje o nastavnim metodama (P7) druga se razina metodičkog znanja zadržala za većinu konceptata. Izuzeci su koncepti o prostoru među česticama (K5) te o gibanju i rasporedu čestica (K7) za koje je u konačnoj fazi istraživanja iskazana treća razina metodičkog znanja, kao dominantna, te koncept K2 o različitosti i reaktivnosti čestica (MZ1). Dominantna razina metodičkog znanja na pitanje o širem aspektu koncepta (P3) heterogena je neovisno o fazi istraživanja. To je ujedno i pitanje kod kojeg ili nije došlo od promjene u iskazanoj dominantnoj razini, ili je većinoma promjena na nižu razinu metodičkog znanja. Izuzetak su koncept K2 kod kojeg su u početnoj fazi bile jednako zastupljene prva i treća razina metodičkog znanja kao dominantne dok je u konačnoj fazi dominantna treća razina metodičkog znanja te koncept K7 (MZ2) u konačnoj fazi.

U konačnoj je fazi istraživanja druga razina metodičkog znanja iskazana, kao dominantna razina, za pitanje o svrsi poučavanja koncepta (P1) za sve koncepte osim K2 i K4 (MZ1). Koncept K4 je ujedno i jedini koncept kod kojeg je u konačnoj fazi dominantna razina metodičkog znanja niža od one iz početne faze. Za koncepte o različitosti čestica (K2) te o prostoru među česticama, gibanju čestica i njihovom raspored (K5 i K6) nije došlo do promjene obzirom na fazu istraživanja. Najviše razine metodičkog znanja iskazane su, neovisno o fazi istraživanja, na pitanje o važnosti razumijevanja koncepta (P2). Prva razina metodičkog znanja, kao dominantna, nije iskazana za niti jedan od konceptata neovisno o fazi istraživanja. Do napretka na treću razinu metodičkog znanja došlo je kod konceptata o čestičnoj građi tvari (K4) te gibanju, rasporedu i različitosti čestica (K6 i K7). Za koncept o prostoru među česticama (K5) u konačnoj fazi dominantna je druga razina metodičkog znanja. Za preostale koncepte dominantna razina metodičkog znanja jednaka je u obje faze istraživanja.

Promjena u iskazanoj dominantnoj razini znanja ovisi više o samom pitanju nego li o ispitivanom konceptu. No uspoređujući koncepte i iskazanu dominantu razinu metodičkog znanja ovisno o fazi istraživanja, više su razine u konačnoj fazi izraženije kod konceptata o gibanju i rasporedu čestica (K6) te različitosti čestica (K7) i to posebice za znanje o nastavnim strategijama i metodama (P7). Koncept o korištenju čestičnog prikaza za pojašnjenje opažanja (K1) jedini je kod kojeg je dominantna razina metodičkog znanja iskazana u konačnoj fazi istraživanja na jednakoj ili višoj razini od one iskazane u početnoj fazi istraživanja.

4.2.4.2. Sveučilište B

Na ovom se sveučilištu kolegij Metodika nastave kemije odvija kroz dva semestra te su prikazani rezultati sve tri faze istraživanja – početne (Tp), međufaze (Tm) i konačne (Tk). Tablica 22. daje prikaz iskazane dominantne razine metodičkog znanja budućih nastavnika ovisno o fazi istraživanja.

Tablica 22. Usporedba dominantne razine metodičkog znanja iskazane na Sveučilištu B u svim fazama istraživanja (žuta = prva razina MZ, plava = druga razina MZ, zelena = treća razina MZ)

	Faza	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
1. Što želite da učenici nauče temeljem ovog koncepta?	Tp							
	Tm							
	Tk							
2. Zašto je važno da učenici razumiju ovaj koncept?	Tp							
	Tm							
	Tk							
3. Što još znate o ovom konceptu (no s time još ne namjeravate upoznati Vaše učenike)?	Tp							
	Tm							
	Tk							
4. Koje su moguće poteškoće ili ograničenja povezani s poučavanjem ovog koncepta?	Tp							
	Tm							
	Tk							
5. Koja prethodna znanja učenika mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?	Tp							
	Tm							
	Tk							
6. Koji još čimbenici, ukoliko postoje, mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?	Tp							
	Tm							
	Tk							
7. Koje nastavne metode koristite za poučavanje ovog koncepta? Zašto?	Tp							
	Tm							
	Tk							
8. Kako provjeriti usvojenost, tj. (ne)razumijevanje ovog koncepta?	Tp							
	Tm							
	Tk							

Za većinu pitanja, neovisno o konceptu i fazi istraživanja, dominira žuta boja koja predstavlja prvu razinu znanja. Nešto više razine znanja, kao dominante, iskazane su na pitanje o svrsi poučavanja konceptata (P1) te važnosti njihovog razumijevanja (P2) kao i na pitanje o upotrebi nastavnih metoda (P7). Osim što je prva razina metodičkog znanja većinski iskazana kao dominantna, neovisno o fazi istraživanja, također je vidljivo da je rijetko došlo do iskazivanja više razine metodičkog znanja, kao dominante, u kasnijim fazama istraživanja. Dominanta razina često ostaje jednaka onoj iskazanoj u početnoj fazi istraživanja. I na ovom je sveučilištu uočljivija veća razlika iskazane dominante razine među samim pitanjima nego li među ispitivanim konceptima.

Za domenu orijentacije prema poučavanju prirodoslovlja (P1 i P2) iskazna dominantna razina metodičkog znanja viša je nego li za druge domene, neovisno o fazi istraživanja. Za većinu konceptata na pitanje svrhe i namjere poučavanja (P1) druga razina metodičkog znanja, kao dominantna, ostaje nepromijenjena kroz sve faze istraživanja. Iznimke su koncepti K4 o čestičnoj građi tvari i K1 o upotrebi čestičnog prikaza za pojašnjenje opažanja kod kojih je u konačnoj fazi istraživanja dominantna razina metodičkog znanja niža od one iskazane u početnoj fazi istraživanja. Heterogenije dominante razine, kao i njihove promjene kroz istraživanje, uočljive su kod pitanja P2 o važnosti razumijevanja ispitivanih konceptata. I dok prva razina metodičkog znanja nije iskazana kao dominantna niti za jedan od konceptata (MZ2 za većinu) u početnoj fazi istraživanja, javlja se u kasnijim fazama istraživanja. U konačnoj fazi istraživanja treća je razina metodičkog znanja iskazana, kao dominantna, jedino za koncept o postojanosti čestica (K3).

Za pitanja P3-P6 (domena znanja o kurikulu i znanja o učeničkom razumijevanju) većinski je, kao dominantna, iskazana prva razina metodičkog znanja, uz pokoje odstupanje ovisno o fazi istraživanja i pitanju te konceptu. Tako su za pitanje P3 o širem aspektu koncepta u početnoj fazi, osim prve razine metodičkog znanja, iskazane i druga (K2 i K4) te treća razina metodičkog znanja (K3). Na isto je pitanje u međufazi druga razina metodičkog znanja iskazana samo za koncept o različitosti i reaktivnosti čestica (K2) i to kao jedna od dviju jednako zastupljenih (MZ1 i MZ2). U konačnoj je fazi istraživanja za sve koncepte iskazana prva razina metodičkog znanja kao dominantna. Na pitanje o mogućim poteškoćama i/ili ograničenjima poučavanja (P4) jedino je za koncept o postojanosti čestica (K3) u međufazi vidljiv pomak iskazane dominante razine znanja na drugu. U početnoj je fazi istraživanja jedino za koncept K4 iskazana treća razina metodičkog znanja kao dominantna. Za koncept K1 u međufazi je jednak broj ispitanika pokazao prvu i drugu razinu metodičkog znanja. Za sve je ostale koncepte, neovisno o fazi istraživanja, kao dominantna razina iskazana prva razina metodičkog znanja. Slična je situacija

i za pitanje o učeničkom predznanju (P5). Dok je u početnoj fazi istraživanja druga razina metodičkog znanja iskazana kao dominantna za K1 i K6 te kao jedna od dviju jednako zastupljenih za K6 (uz MZ1), u međufazi je druga razina metodičkog znanja dominantna jedino kod koncepta K3 za koji se zadržala i u konačnoj fazi. U konačnoj fazi istraživanja dominantna razina metodičkog znanja, izuzev koncepta K3, jest prva razina. Prva razina metodičkog znanja je i jedina razina, iskazana kao dominantna, na pitanje P6 o čimbenicima koji mogu utjecati na poučavanje, i to za sve koncepte u svim fazama istraživanja .

I za znanje o vrednovanju (P8) kao dominantna razina većinski je iskazana prva razina znanja uz tek pokoju iznimku. Tako je u konačnoj fazi samo za koncepte o različitosti i reaktivnosti čestica (K2) i čestičnoj građi tvari (K4) iskazana i druga razina metodičkog znanja i to kao jedna od dviju jednako zastupljenih. Kod pitanja o upotrebi nastavnih metoda (P7) heterogenija je podjela iskazanih dominantnih razina znanja. Dok je za koncepte K1 i K7 dominantna razina jednaka (MZ2) neovisno o fazi istraživanja, za druge je koncepte iskazana dominantna razina u konačnoj fazi istraživanja na nižoj razini od one iskazane kao dominante u početnoj fazi ili međufazi istraživanja. Iznimka je jedino koncept K3 kod kojeg je u konačnoj, kao i u međufazi, dominantna druga razina metodičkog znanja.

Iz Tablice 22. vidljivo je da je iskazana dominantna razina metodičkog znanja, manje-više, jednaka neovisno o fazi istraživanja. Veće su razlike u iskazanoj dominantnoj razini znanja obzirom na pitanje, nego li na koncepte. Gledajući sveobuhvatno ispitivane koncepte, za koncept K3 o postojanosti čestica metodičko je znanje na višoj razini, kao dominantnoj, te je to ujedno i koncept kod kojeg je, za većinu pitanja, došlo do porasta iskazane dominante razine znanja u kasnijim fazama istraživanja.

4.2.4.3. Sveučilište C

Tablica 23. daje prikaz iskazane dominante razine metodičkog znanja na Sveučilištu C ovisno o fazi istraživanja. Prisutne su sve tri faze istraživanja: Tp prije početka kolegija Metodike nastave kemije, između dva semestra kolegija jest Tm te Tk po završetku kolegija.

Tablica 23. Usporedba dominante razine metodičkog znanja iskazane na Sveučilištu C u svim fazama istraživanja (žuta = prva razina MZ, plava = druga razina MZ, zelena = treća razina MZ)

	Faza	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
1. Što želite da učenici nauče temeljem ovog koncepta?	Tp							
	Tm							
	Tk							
2. Zašto je važno da učenici razumiju ovaj koncept?	Tp							
	Tm							
	Tk							
3. Što još znate o ovom konceptu (no s time još ne namjeravate upoznati Vaše učenike)?	Tp							
	Tm							
	Tk							
4. Koje su moguće poteškoće ili ograničenja povezani s poučavanjem ovog koncepta?	Tp							
	Tm							
	Tk							
5. Koja prethodna znanja učenika mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?	Tp							
	Tm							
	Tk							
6. Koji još čimbenici, ukoliko postoje, mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?	Tp							
	Tm							
	Tk							
7. Koje nastavne metode koristite za poučavanje ovog koncepta? Zašto?	Tp							
	Tm							
	Tk							
8. Kako provjeriti usvojenost, tj. (ne)razumijevanje ovog koncepta?	Tp							
	Tm							
	Tk							

Iskazana dominantna razina metodičkog znanja ovisi, kako o konceptu, tako i o pitanju. Pri tome je veća razlika iskazane dominantne razine obzirom na samo pitanje nego li za ispitivani koncept. Dok je u ranijim fazama istraživanja metodičko znanje većinski na nižim razinama metodičkog znanja (MZ1 i MZ2) kao dominantnim, u kasnijim su fazama istraživanja, posebno kod nekih pitanja i koncepata, zastupljenije više razine metodičkog znanja (MZ2 i MZ3). Za znanje o nastavnim metodama i strategijama i znanje o vrednovanju iskazana je, kao dominantna, treća razina metodičkog znanja u međufazi istraživanja te u konačnoj fazi istraživanja, ovisno o konceptu.

Najveći se napredak uočava za pitanje P8 o znanju o vrednovanju. Premda je kao dominantna razina u početnoj fazi istraživanja, neovisno o konceptu, izražena prva razina metodičkog znanja, već u sljedećoj fazi (međufaza) javljaju se, ovisno o konceptu, sve tri razine kao dominantne. U konačnoj je fazi istraživanja, kao dominantna, iskazana treća razina metodičkog znanja za gotovo sve koncepte. Izuzetak su koncept K5 o prostoru među česticama (MZ2) i koncept K2 o različitosti i reaktivnosti čestica za koji je podjednak broj ispitanika iskazao prvu, drugu i treću razinu znanja. Za koncept o čestičnoj građi tvari (K4) može se uočiti stupnjeviti porast dominantne razine znanja od prve razine metodičkog znanja u početnoj fazi, preko druge u međufazi do treće razine metodičkog znanja u konačnoj fazi. Znanje o nastavnim metodama i strategijama (P7) u početnoj je fazi istraživanja na drugoj razini metodičkog znanja, kao dominantnoj, za sve koncepte osim koncepta K1 o korištenju čestica za pojašnjenje opažanja (MZ1). U međufazi prva razina metodičkog znanja, kao dominantna, nije iskazana niti za jedan od koncepata. Druga razina metodičkog znanja ostaje dominantna jedino za koncept o različitosti i reaktivnosti čestica (K2). Treća je razina metodičkog znanja iskazana kao dominantna za koncepte o čestičnoj građi tvari (K4), prostoru među česticama (K5) te različitosti čestica (K7). Za preostale koncepte jednak je broj ispitanika izrazio znanje na drugoj i trećoj razini metodičkog znanja. U završnoj je fazi heterogenija raspodjela iskazane dominantne razine metodičkog znanja. Tako je jedino za koncept (K5) o prostoru među česticama kao dominantna razina iskazana prva razina metodičkog znanja. Za koncepte K2, K3 i K4 u završnoj je fazi istraživanja kao dominantna razina iskazana druga razina metodičkog znanja te je time koncept K2 jedini za koji je izražena dominantna razina znanja jednaka za sve faze istraživanja. Treća je razina metodičkog znanja, kao dominantna, iskazana za koncepte o korištenju čestičnog prikaza za pojašnjenje opažanja (K1), gibanju i rasporedu čestica (K6) te različitosti čestica (K7).

Za domenu znanja o učeničkom razumijevanju prirodoslovlja (P4 – P6) prevladavajuća dominantna razina metodičkog znanja u početnoj fazi istraživanja jest prva razina. U drugoj fazi

istraživanja, međufazi, samo je za manji broj koncepata kao dominantna razina iskazana razina metodičkog znanja viša od prve. Kod pitanja P4 to je koncept o praznom prostoru među česticama (K5) za koji je jednak broj ispitanika iskazao prvu i drugu razinu metodičkog znanja. Na pitanje P5 jednak broj ispitanika iskazao je prvu i drugu razinu metodičkog znanja za koncepte o različitosti i reaktivnosti čestica (K2) te gibanju i rasporedu čestica (K6) dok je za koncept o različitosti čestica (K7) dominantna druga razina metodičkog znanja. Kod pitanja P6 jedina je promjena dominantne razine uočena za koncept o gibanju i rasporedu čestica (K6). U međufazi kao dominantna razina iskazana je treća razina metodičkog znanja, dok je u konačnoj fazi jednak broj ispitanika iskazao sve tri razine metodičkog znanja. Za sve ostale koncepte, neovisno o fazi istraživanja, dominantna razina metodičkog znanja je prva razina. U konačnoj fazi istraživanja druga razina metodičkog znanja iskazana je kod pitanja P4 za koncepte K1 i K3 (upotreba čestičnog prikaza za pojašnjenje opažanja te postojanost čestica). Jednak broj ispitanika iskazao je prvu, drugu i treću razinu metodičkog znanja za koncept o različitosti i reaktivnosti čestica (K2) za isto pitanje. Druga razina metodičkog znanja, kao dominantna, prevladavajuća je u trećoj fazi istraživanja na pitanje P5. Izuzetak su koncepti K4 i K5 kod kojih nije došlo do promjene iskazane dominantne razine metodičkog znanja neovisno o fazi istraživanja.

Kod šireg znanja ispitivanih koncepata, odnosno za pitanje P3, kao prevladavajuća dominantna razina iskazana je prva razina metodičkog znanja. U početnoj je fazi iznimka koncept K4 za koji je jednak broj ispitanika iskazao prvu i drugu razinu metodičkog znanja te u međufazi koncepti K5 o prostoru među česticama (MZ1 i MZ2 jednako iskazani) i K7 (različitost čestica) za koji je jednak broj ispitanika izrazio prvu, drugu i treću razinu metodičkog znanja. Jednaka distribucija odgovora zadržana je za taj koncept (K7) i u konačnoj fazi istraživanja u kojoj se javlja i kod koncepta o korištenju čestičnog prikaza za pojašnjenje opažanja (K1). U konačnoj fazi druga je razina metodičkog znanja iskazana kao dominantna za koncepte K2 i K6, dok je za preostale koncepte metodičko znanje na prvoj razini kao dominantnoj.

Dominanta razina metodičkog znanja iskazana na pitanja o namjeri poučavanja koncepata (P1) te važnosti razumijevanja istih (P2) viša je za većinu koncepata, neovisno o fazi istraživanja. U početnoj fazi za sve je koncepte na pitanje P1, kao dominantna razina metodičkog znanja, iskazana druga razina. Ista dominantna razina jednaka je, neovisno o fazi istraživanja, za koncepte o različitosti i reaktivnosti čestica (K2), očuvanosti čestica (K3) te K6 i K7 koji govore o gibanju, rasporedu i različitosti čestica. Kod preostalih je koncepata, kao dominantna razina u međufazi, iskazana ili prva razina metodičkog znanja ili je jednak broj ispitanika iskazao prvu

i drugu razinu metodičkog znanja. U konačnoj je fazi istraživanja za koncept o upotrebi čestičnog prikaza kod pojašnjenja opažanja (K1), kao dominantna, iskazana treća razina metodičkog znanja. Jednak broj ispitanika iskazao je prvu, drugu i treću razinu metodičkog znanja za preostala dva koncepta. U početnoj su fazi istraživanja na pitanje P2 iskazane sve tri razine metodičkog znanja kao dominantne. Shodno tome, kod pojedinih je koncepata došla do iskazivanja viših razina metodičkog znanja u kasnijim fazama ili pa je dominantna razina metodičkog znanja jednaka neovisno o fazi istraživanja kao, primjerice, za koncept o različitosti i reaktivnosti čestica (K2). Više su razine metodičkog znanja u konačnoj fazi istraživanja iskazane kod koncepta K1 o korištenju čestičnog prikaza za pojašnjenje opažanja (MZ3), K3 o postojanosti čestica (MZ2) te različitosti čestica (K7) za koji je dominantna treća razina metodičkog znanja.

Veće su razlike iskazane dominantne razine metodičkog znanja ovisno o pitanjima nego li o konceptima. No gledajući iz perspektive ispitivanih koncepata, više razine znanja, kao dominantne, iskazane su u kasnijim fazama istraživanja kod koncepata o gibanju i rasporedu čestica (K6), različitosti čestica (K7), upotrebi čestičnog prikaza za pojašnjenje opažanja (K1) te različitosti i reaktivnosti čestica (K2). Gledajući iskazanu dominantu razinu metodičkog znanja, za većinu je pitanja, vidljiv napredak u kasnijim fazama istraživanja. Taj je napredak najuočljiviji za znanje o nastavnim metodama i strategijama te znanje o vrednovanju.

Obzirom na veliko osipanje ispitanika na Sveučilištu C u konačnoj fazi istraživanja napravljena je studija slučaja za tri ispitanika koja su sudjelovala u sve tri faze istraživanja. Razina metodičkog znanja koju su iskazali dana je u Tablici 24.

Iz prikazanih rezultata vidljivo je da su rezultati, više-manje, u skladu s rezultatima iskazane dominantne razine u pojedinoj fazi istraživanja uz pokoja odstupanja. Odstupanja ovise o ispitivanom konceptu, kao i o samim ispitanicima. Tako, primjerice, u početnoj fazi istraživanja na pitanje o važnosti razumijevanja poučavanja koncepata (P2) ispitanici pokazuju drugu razinu metodičkog znanja dok je kao dominantna razina iskazana prva razina (K3). S druge strane, na isto pitanje u istoj fazi za koncept K4 o čestičnoj građi tvari dominantna je treća razina metodičkog znanja, dok ispitanici iskazuju prvu ili drugu razinu metodičkog znanja.

Tablica 24. Rezultati ispitanika Sveučilišta C koji su sudjelovali u svim etapama istraživanja (žuta i 1 = prva razina MZ, plava i 2 = druga razina MZ, zelena i 3 = treća razina MZ)

		K1			K2			K3			K4			K5			K6			K7		
Pitanje	Faza	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P1	TP	3	3	3	3	3	1	1	3	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	3	1
	Tm	2	3	2	2	3	1	2	3	2	1	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2
	Tk	3	3	3	1	2	2	2	3	2	1	3	2	3	2	1	2	2	2	2	3	2
P2	TP	3	2	3	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	3	3	2	1
	Tm	3	2	3	2	3	3	2	3	3	2	2	2	2	3	3	2	3	2	3	3	2
	Tk	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	1	2	3	2	3	3	2
P3	TP	2	2	1	2	3	1	2	2	3	1	3	3	1	2	2	2	3	2	1	1	1
	Tm	1	2	2	2	3	2	1	3	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1
	Tk	1	2	3	2	2	1	1	2	1	1	3	1	1	2	1	2	2	1	2	3	1
P4	TP	1	1	2	1	1	2	1	2	2	3	3	1	1	3	1	1	2	1	1	1	1
	Tm	3	2	3	1	3	2	1	2	3	2	3	2	2	2	2	1	1	1	1	2	1
	Tk	2	2	1	1	3	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1
P5	TP	1	1	2	1	1	2	1	2	3	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1
	Tm	2	3	3	1	2	2	1	3	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	2	2	1
	Tk	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	1	1	2	2	2	2	1
P6	TP	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
	Tm	1	3	1	1	2	3	1	1	1	1	1	3	1	1	3	1	3	1	1	1	1
	Tk	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	3	2	1	2	1
P7	TP	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
	Tm	3	3	3	2	2	2	2	3	3	2	2	3	2	3	3	2	3	2	2	2	2
	Tk	3	3	2	2	3	2	2	2	3	2	3	2	2	1	1	2	3	3	3	3	2
P8	TP	3	3	2	1	2	2	1	2	2	1	3	1	1	3	2	2	1	1	1	1	1
	Tm	3	3	3	1	2	2	2	2	3	1	3	2	1	3	3	1	3	2	2	3	2
	Tk	3	3	3	1	2	3	2	3	3	1	3	3	2	3	2	1	3	3	3	3	3

Više razine metodičkog znanja iskazane za orijentaciju prema poučavanju prirodoslovlja (P1,P2) te znanje o nastavnim strategijama i metodama. Više razine znanja, od onih iskazanih kao dominantnih, iskazane su za znanje o kurikulumu i znanje o vrednovanju (P3, P8). Razine znanja o učeničkom razumijevanju na nižim su razinama metodičkog znanja kao i kod iskazane dominante razine metodičkog znanja.

Iskazana razina metodičkog znanja ne ovisi samo o ispitivanoj domeni metodičkog znanja već i o konceptu, ali i o samom ispitaniku. Kod ispitanika 2 mogu se uočiti više razine metodičkog znanja iskazane za domenu orijentacije prema poučavanju prirodoslovlja, znanje o nastavnim strategijama i metodama, znanje o vrednovanju i znanje o kurikulumu neovisno o fazi ispitivanja. Također, za pojedine koncepte (K1-K3, K6 i K7) i znanje o učeničkom razumijevanju na višim je razinama, posebice uz kasnijim fazama istraživanja. Ispitanik 1 iskazuje niže razine metodičkog znanja za znanje o učeničkom razumijevanje, posebice na pitanja o prethodnim znanjima (P5) te dodatnim čimbenicima (P6) koji mogu utjecati na poučavanje, te za znanje o vrednovanju kod koncepata K3 i K4 i to neovisno o fazi istraživanja. Kod ispitanika 3 metodičko znanje varira o konceptima. Tako za koncepte K1-K3 je na višim

razinama za sve domene metodičkog znanja (iznimka pitanje P6) dok je za koncept K7 na nižim razinama za znanje o kurikulumu i znanje o učeničkom razumijevanju.

Gledajući iz perspektive koncepata više razine metodičkog znanja, neovisno o fazi istraživanja, iskazane su za koncepte K1 i K3. Kod koncepta K7 vidljiv je stupnjeviti napredak metodičkog znanja za znanje o nastavnim strategijama i metodama i znanje o vrednovanju.

5. RASPRAVA

5.1. Uvjerenja

Homogena raspodjela rezultata vidljiva je i kod uvjerenja o organizaciji nastave, kao i kod uvjerenja o učenju – sva ispitana uvjerenja, više su ili manje, tradicionalna, odnosno usmjerena na samog nastavnika kao glavnog nosioca aktivnosti u procesu poučavanja. Nešto heterogeniju raspodjelu moguće je uočiti kod uvjerenja o ciljevima nastave, no i dalje su dominantna tradicionalna uvjerenja.

Tradicionalna uvjerenja nisu orijentirana na rješavanje problema i stjecanje kompetencija za svakodnevni život i svijet znanosti, već na usvajanje činjenica i samog predmetnog sadržaja. Većina budućih nastavnika kemije poučavanje kemije vidi kao transfer znanja i predmetnog sadržaja između nastavnika i učenika. Sama nastava usmjerena je većinom na nastavnika koji dominira u osmišljavanju, planiranju i izvedbi nastavnog procesa.

Usporedbom triju 3D dijagrama (Slika 8.) uočljive su neke promjene, no razmatrajući rezultate međufaze (Tm) nije baš najjasniji smjer tih promjena. Moguće pojašnjenje leži upravo u trenutku provedbe ispitivanja. Prvi semestar kolegija Metodika nastave kemije (predavanja, seminari) je gotov te dijelu ispitanika praksa u školi još uvijek nije započela - što je u skladu s Nordine i sur. (2021) prema kojima manje iskusni nastavnici laške napuste prethodna (tradicionalna) uvjerenja. U konačnoj fazi istraživanja (Tk) kolegij Metodike nastave kemije u potpunosti je završen, kao i svi opći edukacijski kolegiji, te su budućí nastavnici završili, ili su pri završetku, nastavnu praksu u školama (osnovna i srednja škola). Rezultati ukazuju na uvjerenja koja su *vraćena* prema tradicionalnim uvjerenjima, za razliku od rezultata u međufazi. Moguće je da na buduće nastavnike utjecaj ima i sama praksa u školama, kao i mentori kod kojih se ista provodi, a čija uvjerenja su, s vremenom, (p)ostala tradicionalna (Kind, 2015).

Uvjerenja budućih nastavnika kemije u Hrvatskoj vrlo su homogena, neovisno o sveučilištu na koje pohađaju. Ispitanici pokazuju tendenciju prema tradicionalnijim uvjerenjima (nastavnik kao glavni nositelj aktivnosti koji dominira kako u osmišljanju, tako u provedbi nastavnog procesa; fokus na predmetni sadržaj; učenje i poučavanje se odvija kao pasivni transfer znanja između nastavnika i učenika). Blagi pomak ka suvremenijim uvjerenjima uočen je u međufazi provedbe istraživanja, odnosno nakon odslušanog kolegija Metodike nastave kemije te svih općih edukacijskih kolegija.

Dobiveni i prikazani rezultati ukazuju da ispitanici na početku svog školovanja za buduće nastavnike imaju uvjerenja koja se temelje na vlastitom iskustvu tijekom školovanja (njih kao učenika/studenata) što je u skladu s istraživanjem Markić i Eilks (2008). To pak ukazuje da je sama nastava i poučavanje u većini škola bilo (i vjerojatno još uvijek je) više usmjereno na samog nastavnika kao nositelja aktivnosti tako da ne čudi što su i uvjerenja u početnoj fazi istraživanja gotovo isključivo tradicionalna (Choi i Ramsey, 2010).

Rezultati iz preostalih dviju faza istraživanja ukazuju kako svi kolegiji za obrazovanje budućih nastavnika imaju utjecaj na početna uvjerenja budućih nastavnika, no premalen. Taj bi utjecaj trebao biti veći i jači obzirom da se nakon nastavničke prakse u školi budući nastavnici obično ponovno okreću ka tradicionalnijim uvjerenjima o učenju i poučavanju kemije. Uvjerenja nastavnika utječu na njihov pristup poučavanju kemije te na interakcije na relaciji učenik – nastavnik. Svi nastavnici, i budući i oni u obrazovnim institucijama, trebaju biti svjesni postojanja uvjerenja i njihovog utjecaja na organizaciju i prezentaciju znanja i informacija (Schommer, 1990). Kolegiji za obrazovanje budućih nastavnika, kako opći edukacijski, tako i kolegij metodike, trebali bi biti usredotočeni na, ponajprije, osvješćivanje samih budućih nastavnika o postojanju uvjerenja kao takvih te njihovom razvoju u skladu sa suvremenim teorijama učenja i poučavanja. Međutim, također treba uzeti u obzir i sam sadržaj svih obrazovnih kolegija za buduće nastavnike, kao i sam pristup poučavanja istih na samom fakultetu te koliko su u skladu s novim i suvremenim teorijama učenja i poučavanja (Bryan, 2012). Iako ovo istraživanje ne uzima to u fokus kao svoj predmet istraživanja, definitivno je nešto na što bi se u budućim istraživanjima trebalo osvrnuti.

Na same buduće nastavnike, s jedne strane, utjecaj imaju njihovi nastavnici mentori u školi često nesvjesni postojanja svojih uvjerenja, a s druge strane bi sami nastavnici, posebno budući, trebali razviti modernije i suvremenije načine učenja i poučavanja kemije usmjerene više na samog učenika i u skladu s novim obrazovnim reformama. Čini se da su obje strane paradoksi. Kako nastavnici koji rade u samoj nastavi i u školi uvelike utječu na buduće nastavnike, fokus bi trebao biti i na njihovim uvjerenjima. To ukazuje na potrebu za edukacijom i samih nastavnika iz prakse kroz seminare i radionice. Time se otvara i mogućnost za daljnja istraživanja u vidu, primjerice, detekcije i analize uvjerenja nastavnika iz prakse obzirom na njihovo nastavno iskustvo ili pak longitudinalnog istraživanja iste skupine nastavnika tijekom njihovog obrazovanja te kasnije rada u obrazovnom sustavu.

5.2. Metodičko znanje

Nakon određivanja metodičkog znanja svakog pojedinog budućeg nastavnika kemije rezultati su objedinjeni te gledani kao metodičko znanje koje je spoj višestrukog doprinosa sudionika odgojno-obrazovnog procesa i povezano je s poučavanjem određenog predmetnog sadržaja i znanjima potrebnim za isto i to na razini svih sudionika u pojedinoj fazi istraživanja te na razini svih sudionika svakog od sveučilišta u pojedinoj fazi istraživanja. Isti ukazuju na postojanje metodičkog znanja kod budućih nastavnika kemije u Hrvatskoj u različitim etapama njihovog sveučilišnog obrazovanja odnosno u tri faze provedbe samog istraživanja.

U prvoj fazi istraživanja, početna faza, prevladava prva razina metodičkog znanja što je u skladu s fazom provedbe istraživanja (prije kolegija Metodika nastave kemije). Na sva se tri sveučilišta uočava prisutnost (ne)svjesnog metodičkog znanja budućih nastavnika kemije te je vidljiv utjecaj održanih općih edukacijskih kolegija. Prevladavajuća razina metodičkog znanja za znanje o nastavnim strategijama i metodama te orijentaciji prema poučavanju prirodoslovlja jest druga razina što otvara put izvođačima kolegija Metodika nastave za razvoj i širenje metodičkog znanja. Budući su nastavnici, sa sva tri sveučilišta, svjesni da je važan dio nastave kemije vizualizacija, i to na razini čestica, što se može postići upravo slikovnim prikazima, crtežima i simulacijama na razini čestica. Još je bolji način postizanja istog povezivanje makroskopske razine (pokus) s čestičnom razinom što je i u skladu s novijim i suvremenijim metodama učenja i poučavanja te obrazovnim reformama. Dio ispitanika, u ovoj fazi istraživanja, navodi kako prikazi na razini čestica nisu bili u velikoj mjeri zastupljeni tijekom njihovog dosadašnjeg obrazovanja (posebice na fakultetskoj razini).

U početnoj fazi istraživanja niti na jednom od sveučilišta ispitanici nisu pohodili nastavnu praksu u školi. No budući su nastavnici svjesni da nepripremljenost za nastavu, kao i nedostatak znanja predmetnog sadržaja, uvelike doprinose poučavanju navedenih koncepata. Obzirom da se njihovi odgovori o učenju i poučavanju ne temelje na nastavnoj praksi njih samih, može se zaključiti da su isti temeljeni na njihovom dotadašnjem iskustvu u obrazovnom sustavu (kao učenika i studenata). To nije loše ukoliko se radi o *kopiranju* radnji i ponašanja koja su u skladu sa suvremenim teorijama o učenju i poučavanju i učenikom kao nosiocem nastavnog procesa. Predlaže se više refleksije na uvjerenja budućih nastavnika, kao i na osvješćivanje o vlastitim znanjima o učenju i poučavanju te asimilaciju i prilagodbu istih u skladu s obrazovnim reformama.

Na razini objedinjenih rezultata svakog Sveučilišta, u početnoj fazi istraživanja, nešto su veće razlike ovisno o pitanjima i konceptima. Općenito iskazana dominantna razina na razini pojedinog sveučilišta prati zbirne rezultate svih sudionika istraživanja. Više dominante razine metodičkog znanja iskazane su za pitanja vezana uz poučavanje i razumijevanje ispitivanih koncepata te nastavne metode za poučavanje istih. To je posebno uočljivo kod Sveučilišta A na kojem su odslušani svi opći edukacijski kolegiji (Didaktika, Pedagogija, Psihologija) te Sveučilišta C na kojem je većina ispitanika odlučala sve opće edukacijske kolegije, no i kod ispitanika sa Sveučilišta B koji su do početne faze istraživanja odslušali kolegije Didaktike i Psihologije. Niže dominante razine metodičkog znanja iskazane za pitanja o potencijalnim poteškoćama i čimbenicima vezanim uz poučavanje, kao i učeničkom predznanju, u skladu su s činjenicom da niti na jednom od tri sveučilišta ispitanici još nisu pohađali nastavnu praksu te nemaju previše iskustva sa samim poučavanjem u razredu.

Gledajući zbirno metodičko znanje svih budućih nastavnika u međufazi (druga faza istraživanja) sve je više iskazana druga razina metodičkog znanja što je u skladu s fazom provedbe istraživanja. Kolegij Metodike nastave kemije utjecao je na metodičko znanje detektirano u prvoj fazi istraživanja te su budućni nastavnici kemije svjesniji postojanja istog. Većinski je iskazana druga razina metodičkog znanja za domenu orijentacije prema poučavanju prirodoslovlja (P1 i P2) što ukazuje veću svjesnost ispitanika o svrsi i ciljevima poučavanja. Kako se znanje o učeničkom razumijevanju prirodoslovlja stječe ponajprije iskustvom i opažanjem (Pinnegar, 1989) za njega prevladava prva razina metodičkog znanja. Rezultati su u skladu s početkom nastavne prakse u školi (ili je još nema ili je tek započela). Napredak prema višim razinama znanja vidljiv je i kod posljednja dva pitanja. Budućni nastavnici kemije pokazuju napredak metodičkog znanja o izborima izvora znanja za specifičnu temu, no i dalje često ne razlikuju nastavne strategije i nastavne metode (traženo u upitniku), ali u manjoj mjeri nego li u prethodnoj fazi istraživanja. To ukazuje da su, kroz kolegij Metodike nastave kemije, opća znanja o nastavnim strategijama i metodama prenijeli na znanja o strategijama i metodama poučavanja kemije. Prva razina metodičkog znanja kod znanja o vrednovanju u skladu je s De Jong i sur. (1999) te upućuje na prostor za napredak i rad na toj domeni, kako kroz sam kolegij Metodike nastave kemije, tako i kroz nastavnu praksu i pripadne opće edukacijske kolegije. Više razine znanja iskazane u nešto većoj mjeri, u usporedbi s početnom fazom, ukazuju da su ispitanici svjesniji te domene metodičkog znanja nego li u ranijoj fazi istraživanja. Sve je veća svjesnost ispitanika o postojanju metodičkog znanja. Budućni su nastavnici sve svjesniji važnosti koncepta čestične građe tvari u samoj nastavi kemije te vizualizaciji istog i povezivanja svih

razina kemijskog tripleta. Također, veća je svjesnost ispitanika, premda je nastavna praksa tek započela, o utjecaju razredne okoline na samo poučavanje.

U drugoj fazi istraživanja male su razlike u iskazanoj dominantnoj razini metodičkog znanja između dva sveučilišta. Iskazane razlike mogu se pojasniti razlikom u samom nastavnom planu – ispitanicima na Sveučilištu B započela je nastavna praksa, dok su ispitanici sa Sveučilišta C pohađali kolegije Praktikum metodike nastave kemije. Niže dominante razine iskazane za pitanja vezana uz znanje o učeničkom razumijevanju prate zbirne rezultate ove faze istraživanja i posljedica su dubljeg konceptualnog razumijevanja sadržaja, što je u skladu s Loughran i sur. (2008), tj. nedostatak istog. To je posebno uočljivo kod odgovora ispitanika sa Sveučilišta B. Znanje o nastavnim strategijama i metodama, kao i znanje o vrednovanju, na višoj su razini. Ukazuje to da sam kolegij Metodike nastave kemije utječe na buduće nastavnike kemije pomažući im generalna znanja stečena vezana uz poučavanje i vrednovanje primijeniti za specifične sadržaje u nastavi kemije. Razlike iskazane dominante razine znanja o vrednovanju mogu se pojasniti razlikama u kurikulumu kolegija Metodika nastave kemije, točnije redoslijedom obrade sadržaja. Za pretpostaviti je da nastavni sadržaji vezani uz vrednovanje nisu još obrađeni na oba sveučilišta. Također, budući nastavnici kemije sa Sveučilišta C iskazali su dublje konceptualno razumijevanje što utječe i na sam razvoj metodičkog znanja općenito.

U konačnoj je fazi istraživanja i dalje dominantnija druga razina metodičkog znanja, no uz porast treće razine naspram prethodnih faza istraživanja. Budući nastavnici kemije pokazuju veću svjesnost postojanja samog metodičkog znanja te iskazuju višu razinu istog, no uz prostor za još veći napredak po pitanju, primjerice, domene znanja o učeničkom razumijevanju prirodoslovlja na koju veliki utjecaj ima i sama nastavna praksa (Nillson, 2008.; Schiering i sur., 2022). Kako je to znanje koje se stječe iskustvom i opažanjem (Pinnegar, 1989.) moguće je pojašnjenje leži upravo u nastavnoj praksi odnosno u broju sati provedenih u samom nastavnom procesu u učionici. Također, nastavna se praksa odvija u različitim školama i kod različitih mentora koji također imaju utjecaj na osvještavanje i razvoj metodičkog znanja Nillson (2008). Utjecaj kolegija Metodika nastave kemije, kao i općih edukacijskih kolegija koji su svi održani do konačne faze, vidljiv je iz viših razina metodičkog znanja (MZ2 i MZ3) za domene orijentacije prema poučavanju prirodoslovlja, znanja o nastavnim strategijama i metodama (razlikovanje nastavnih strategija i metoda) te znanja o vrednovanju (primjena novih saznanja, ne njihova reprodukcija). U konačnoj fazi istraživanja budući nastavnici kemije sve su svjesniji važnosti vizualizacije u samoj nastavi, ali i potencijalnih problema koji proizlaze iz iste. Kao potencijalne ograničavajuće faktore poučavanja vide i kognitivne mogućnosti samih

učenika, no i dalje su rijetka promišljanja o široj slici učenja i poučavanja u samoj praksi. Prostor za napredak i za još veći utjecaj na metodičko znanje i dalje postoji - i kroz kolegij Metodike nastave kemije i kroz opće edukacijske kolegije, s ciljem ublažavanja dihotomije teorije i prakse kroz njihovu veću koherentnost (Nordine i sur., 2021).

Rezultati treće faze istraživanja na razini dominante razine iskazane na svakom od sveučilišta u skladu su sa objedinjenim rezultatima treće faze istraživanja. Iskazane dominante razine na Sveučilištu A i C prate jedna drugu, dok je nešto nižu razinu metodičkog znanja na Sveučilištu B moguće pojasniti već spomenutim nedostatkom dubljeg konceptualnog razumijevanja sadržaja. Homogeniji rezultati prve razine metodičkog znanja, kao iskazane dominante razine, za određena pitanja (Znanje o učeničkom razumijevanju) ukazuju da je to znanje koje se stječe i razvija s vremenom i praksom, no koje je važno osvijestiti kod samih budućih nastavnika već tijekom studija. Budući su nastavnici svjesniji postojanja metodičkog znanja. Vidljiv je napredak kod znanja o nastavnim strategijama i metodama te kod orijentacije prema poučavanju i to kroz razvijanje različitih pristupa poučavanju s ciljem boljeg razumijevanja koncepata. Prevladavajuća iskazana dominantna razina znanja o vrednovanju različita je na svakom od sveučilišta. Na Sveučilištu B je u skladu s tvrdnjama Bekatas i sur. (2013) kako budućí nastavnici imaju problema s vrednovanjem i ne iskazuju napredak te domene znanja kroz studij. Moguće pojašnjenje leži u različitim etapa nastavne prakse koju su ispitanici pohodili, kao i u samom (ne)razumijevanju konceptualnih sadržaja.

Razlike u razini metodičkog znanja manje su među ispitivanim konceptima nego li među domenama, no ipak postoje. Budući su nastavnici skloniji više poučavanju samog sadržaja koncepata, naročito u ranijim fazama istraživanja. Za koncept o čestičnoj građi tvari u početnoj je fazi iskazana viša razina metodičkog znanja nego li u kasnijim fazama istraživanja. Moguće pojašnjenje je da je to koncept s kojim se budućí nastavnici susreću već na početka svog kemijskog obrazovanja, još u osnovnoj školi. S vremenom postaju svjesniji kompleksnosti samog koncepta, kao i cijele domene o čestičnoj prirodi tvari, odnosno da je ključno i dobro znanje predmetnog sadržaja. A kako i Kind i Kind (2011) navode, nerazumijevanje sadržaja od samih nastavnika često vodi do neučinkovitog poučavanja (Harrison i Treagust, 2002). Za dobro razumijevanje sadržaja važan je odabir izvora znanja i nastavni pristup istom te prikaz sadržaja na različitim razinama, a upravo čestična razina, prema Šimičić (2018) i Nelson (2002), jest ona s kojom budućí nastavnici imaju najviše problema i rjeđe je zastupljena. Stoga se apelira da se ista uvede u većoj mjeri i u samu nastavu u školi, ali i u kolegije na fakultetima, kako one predmetnog sadržaja, tako i one vezane uz poučavanje kemije.

Rezultati dominantne razine metodičkog znanja iskazane kroz sve faze istraživanja na Sveučilištu A ukazuju da su budući nastavnici kemije svjesni postojanja metodičkog znanja te da se isto razvilo s vremenom, no da još uvijek ima prostora za napredak. Na ovom su sveučilištu ispitanici odslušali sve opće edukacijske kolegije prije početne faze što pojašnjava više razine metodičkog znanja, iskazane kao dominantne, na pojedina pitanja u početnoj fazi istraživanja. Većini ispitanika ovo je primaran izbor studija što također utječe na rezultate. Suprotno tvrdnjama Bektas i sur. (2013) dolazi do napretka znanja o vrednovanju što ukazuje da su budući nastavnici znanja o vrednovanju stečena kroz opće edukacijske kolegije primijenili prema vrednovanju predmetnog sadržaja kemije. Sukladno objedinjenim rezultatima sa sva tri sveučilišta, i kod budućih je nastavnika sa Sveučilišta A uočena niža (prva) razina metodičkog znanja za znanje o učeničkom razumijevanju, posebice o potencijalnim poteškoćama poučavanja. To je u skladu s De Jong (1999) te činjenicom da su to znanja koja se najbolje stječu kroz samu praksu, a koja je tek započela na ovom sveučilištu.

Homogeni rezultati iskazane niže dominantne razine metodičkog znanja na Sveučilištu B posljedica su konceptualnog nerazumijevanja samih ispitanika koje je prisutno kroz sve faze istraživanja. Nerazumijevanje koncepata od samih (budućih) nastavnika, kao što je već navedeno, vodi ka neučinkovitom poučavanju (Harrison i Treagust, 2002), a samim time i nižim metodičkim znanjem o nastavnim metodama i učeničkom razumijevanju. Nerazumijevanje samih koncepata utječe i na motiviranost ispunjavanja anketnih upitnika što je uočeno kod analize anketnih upitnika sa Sveučilišta B. Uočava se prisutnost (ne)svjesnog metodičkog znanja što otvara mogućnost razvoja istog, u skladu sa suvremenim teorijama odgoja i obrazovanja, kroz koherentnije opće edukacijske kolegije kao i metodičke kolegije te nastavnu praksu. Budući nastavnici svjesni su važnosti poučavanja i razumijevanja koncepata vezanih uz čestičnu prirodu tvari te važnost vizualizacije na čestičnoj razini u nastavi.

Premda su iskazani rezultati većinski u skladu s onima iskazanim na zbirnoj razini svih sveučilišta, na Sveučilištu C vidljiv je najveći napredak kroz faze istraživanja. To se posebno uočava kod znanja o nastavnim strategijama i metodama te znanja o vrednovanju. Ovo je ujedno i sveučilište kod kojeg je došlo do osipanja najvećeg broja ispitanika kroz faze istraživanja. Rezultati prikazani studijom slučaja većinski su u skladu s iskazanom dominantnom razinom metodičkog znanja na Sveučilištu C. Odstupanja se mogu pripisati, prije svega, motiviranosti, kako ispunjavanja anketnih upitnika, tako i izborom studija (primarni izbor) te razumijevanjem samih koncepata. Kao i kod prethodnih sveučilišta, niže razine metodičkog znanja, kao dominantne, te manji napredak kroz faze istraživanja, uočen je kod znanja o učeničkom

razumijevanju prirodoslovlja. Kako je to znanje koje se stječe s godinama i iskustvom (Abell, 2007), tako se otvara mogućnost razvoju istog kroz nastavnu praksu i ukazuje na važnost samih mentora nastavne prakse (Nilsson, 2008). Suprotno Bektas i sur. (2013) ispitanici iskazuju napredak dominantne razine znanja kod vrednovanja čemu zasigurno doprinosi i bolje konceptualno razumijevanje iskazano od strane budućih nastavnika, a i izborni kolegij povezan s vrednovanjem. Napredak ili pa više razine iskazane u ranijim fazama istraživanja vidljive su i u studiji slučaja što govori u prilog boljem kontekstualnom razumijevanju. Utjecaj nastavne prakse vidljiv je u konačnoj fazi istraživanja kada su dani odgovori konkretniji te su budućí nastavnici svjesniji same učionice (i prostorije i zajednice) i njenog utjecaja na poučavanje. Više razine metodičkog znanja, neovisno o domeni ispitivanja, kod pojedinog ispitanika u studiji slučaja mogu se pojasniti motiviranošću (prvi izbor studija) kao i konceptualnim razumijevanjem te utjecaj nastavne prakse (broj sati, mentor).

Usporedbom objedinjenih rezultata uvjerenja budućih nastavnika (Slika 8.) i objedinjenih rezultata metodičkog znanja (Slika 9. – 11.) u svakoj od faza istraživanja uočava se međusobna koherencija istih što je u skladu sa Schiering i sur. (2022) da razvoju metodičkog znanja doprinose, uz opće edukacijske kolegije, kolegij metodike i praksu, i sama uvjerenja budućih nastavnika. Povezanost poznavanja predmetnog sadržaja i metodičkog znanja vidljiva je već tijekom studija (Kind i Chan, 2019.) te je stoga važno da sami budućí nastavnici budu svjesni postojanja i uvjerenja i metodičkog znanja, kao i utjecaja nastavne prakse na njihov razvoj, ali i na svoj profesionalni razvoj. Sami nastavnici iz prakse, bilo u školama, bilo na fakultetima, prema Vladušić (2017), također su važni i utječu na razvoj metodičkog znanja budućih nastavnika te stoga trebaju biti uključeni i u obrazovna istraživanja i u provedbu sveučilišnih programa za edukaciju budućih nastavnika.

Budući nastavnici pokazuju postojanje metodičkog znanja koje postaje, barem za većinu, sve svjesnije kroz etape sveučilišnog obrazovanja za nastavnike. Razvoj metodičkog znanja, u većoj mjeri, u skladu je s očekivanom razinom obzirom na etapu provedbe istraživanja, odnosno njihovog obrazovanja. Tako su niže razine metodičkog znanja zastupljenije u ranijim fazama istraživanja ili pak za domene metodičkog znanja za koje je to očekivanje. Objedinjeni rezultati osobnog metodičkog znanja (pPCK) na sveučilišnoj razini u većoj su mjeri slični objedinjenim rezultatima (cPCK) svih ispitanika u određenoj etapi sveučilišnog obrazovanja. Uočene razlike vidljivije su između domena metodičkog znanja, odnosno pitanja, nego li između ispitivanih koncepata. Razlike se može pojasniti redoslijedom održavanja kolegija na pojedinim sveučilištima te konceptualnim razumijevanjem budućih nastavnika koje utječe i na samu

motiviranost za sudjelovanjem u ovom obrazovnom istraživanju. Moguć je i utjecaj same strukture ispitanika (različiti studijski programi) što može utjecati na konceptualno razumijevanje čestične prirode tvari, motiviranost za nastavnički poziv, utjecaj samih nastavnika na fakultetima kao i razlike u izbornim kolegijima koje su ispitanici pohađali. Doprinos ovog istraživanja je i u tome što je, osim procjene samog metodičkog znanja, praćen i njegov razvoj kroz sveučilišno obrazovanje.

6. ZAKLJUČAK

Uvjerenja o učenju i poučavanju određuju same nastavnike i utječu na poučavanje, predodžbu i usvajanje nastavnih sadržaja. Metodičko znanje nešto je što se ne može naučiti napamet ili iz udžbenika i za što su potrebne godine i iskustvo. Nastavnici, kako budući, tako i oni u praksi, često su nesvjesni postojanja istoga te bi ih svakako, prije svega, trebalo osvijestiti o postojanju metodičkog znanja, a kasnije i o njegovu razvoju. Promjene u obrazovnom sustavu su potrebne, posebno u dijelu vezanom za obrazovanje samih nastavnika, kako budućih, tako i onih koji su već u samom odgojno – obrazovnom procesu. U obrazovanju budućih nastavnika treba staviti veći naglasak na osvješćivanje postojanja uvjerenja i metodičkog znanja kod samih budućih nastavnika te sukladno istima raditi na mijenjanju i usmjeravanju ka suvremenijim uvjerenjima u kojima je nastava usmjerena na učenika kao glavnog nositelja aktivnosti, konstruktivistički pristup nastavi i poučavanju gdje se, osim predmetnog sadržaja, radi i na usvajanju različitih kompetencija. Isto vrijedi i za razvoj metodičkog znanja ka znanju u skladu s novim i suvremenim teorijama učenja i poučavanja te koje se oslanjaju na predviđene ciljeve i svrhe novih obrazovnih reformi.

Provedeno istraživanje i dobiveni rezultati mogu poslužiti, ponajprije, nastavnicima kolegija Metode nastave kemije kao polazišna točka za, prvo osvješćivanje, a kasnije i razvoj uvjerenja i metodičkog znanja budućih nastavnika kemije u skladu sa suvremenim teorijama odgoja i obrazovanja. U tome im od pomoći može biti i anketni upitnik ovog istraživanja koji, uz određene preinake u vidu koncepata, može poslužiti i za detekciju metodičkog znanja nekih drugih kemijskih domena.

Provedeno istraživanje i dobiveni rezultati ukazuju na moguće dopune i proširenja istog u vidu, primjerice, praćenja i same nastavne prakse te njenog utjecaja iste na uvjerenja i metodičko znanje; provedbe istraživanja nakon uvođenja novog kurikulumu u osnovne i srednje škole; promjene nastavnih programa i/ili nositelja kolegija na samim sveučilištima kao i istraživanja o uvjerenjima i metodičkom znanju samih nastavnika na fakultetima.

Kako je znanje o učeničkom razumijevanju prirodoslovlja, odnosno kemije, jedna od tri ključne komponente razvoja metodičkog znanja, poseban naglasak valja staviti upravo na istu buduću da je ona most između znanja o poučavanju i znanja predmetnog sadržaja. Upravo nedostatak potpunog, odnosno pogrešna konceptualna poimanja budućih nastavnika često su uzrok nižih razina metodičkog znanja. Metodičko se znanje, ponajprije razvija kroz godine i iskustvo, što ukazuje na važnost odabira mentora za opažanje nastavnog procesa u školama koji su i sami

svjesni svojih uvjerenja i metodičkog znanja koje je u skladu sa suvremenim metodama učenja i poučavanja i novim kurikulumom. Upravo znanje o kurikulumu (Peterson i Treagust, 1995) jedna je od ključnih komponenti budućih nastavnika za pripremu i provedbu nastave. Veći je značaj potrebno posvetiti i metodama i područjima vrednovanja kao i integriranom modelu vrednovanja (Kamen, 1996) – i teorijski na samom kolegiju Metodike nastave kemije i tijekom nastavne prakse. Rezultati istraživanja govore u prilog održavanja svih općih edukacijskih kolegija prije samog kolegija Metodike nastave kemije, kao i o važnosti nastavne prakse u školi (vrijeme početka, broj sati, izbor mentora, specificirati što nastavna praksa mora obuhvatiti, evaluacija iste od strane studenata). To ukazuje za potencijalne potrebe preinake sveučilišnih programa za edukaciju budućih nastavnika koje svakako uključuju i osvješćivanje budućih studenata o postojanju i razvoj metodičkog znanja i uvjerenja o učenju i poučavanju te njihov razvoj.

7. LITERATURA

Abell, S. K. (2007). Research in science teacher knowledge. In S. Abell, & N. Lederman (Eds.): *Handbook of research on science education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. pp. 1105- 1149.

Abell, S. K. (2008). Twenty years later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea?. *International Journal of Science Education*, 30(10): 1405-1416.

Al-Amoush, S., Markic, S., Usak, M., Erdogan, M., & Eilks, I. (2014). Beliefs about chemistry teaching and learning - a comparison of teachers and student teachers' beliefs from Jordan, Turkey and Germany. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12(4): 767-792.

Alexander, P. A., & Dochy, F. J. R. C. (1995). Conceptions of knowledge and beliefs: A comparison across varying cultural and educational communities. *American Educational Research Journal*, 32 (2): 413–442.

Alexander, R. J. (2001). *Culture and pedagogy: international comparisons in primary education*. Blackwell Pub.

Alonzo, A. C., Berry, A., & Nilsson, P. (2019). “Unpacking the complexity of science Teachers' PCK in action: Enacted and personal PCK”. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.): *Repositioning pedagogical content knowledge in Teachers' knowledge for teaching science*. Springer Singapore. pp. 271–286.

Anderson, J. R. (1980). *Cognitive Psychology and its implication*. San Francisco: Freeman.

Atkin, F.N. & Uzuntiryaki-Kondakci, E. (2018). The nature of the interplay among components of pedagogical content knowledge in reaction rate and chemical equilibrium topics of novice and experienced chemistry teachers. *Chem. Educ. Res. Pract.*,19: 80-105.

Aydin, S. & Demirdögen, B. (2015). “Using Pedagogical Content Knowledge in Teacher Education.” In Maciejowska, I. and Byers, B. (Eds.) *A Guidebook of Good Practice for the Pre-Service Training of Chemistry Teachers*, Krakow. pp. 149-175.

Bandura, A. (1986). *Social Foundation of Thought and Action: A Social Cognitive Theory*. Englewood, NJ: Prentice-Hall.

Bastić, M. (2011). *Primjena trodimenzionalnog modela u procesu stjecanja znanja o konceptu tvari u osnovnoj školi*. Magistarski rad, Sveučilište u Splitu.

Baxter, J.A. & Lederman, N.G. (1999). "Assessment and Measurement of Pedagogical Content Knowledge" in Gess-Newsome, J. and Lederman, N.G. (Eds.): *Examining Pedagogical Content Knowledge*. London, Kluwer Academic Publishers. pp. 147-161.

Boulton-Lewis, G. M., Smith, D. J. H., McCrandle, A. R., Burnett, P. C., & Campbell, K. J. (2001). Secondary teachers' conceptions of teaching and learning. *Learning and Instruction*, 11: 35-51.

Bektas, O., Ekiz, B., Tuysuz, M., Kutucu, E. S., Tarkin, A. & Uzuntiryaki-Kondakci, E. (2013). Pre-service chemistry teachers' pedagogical content knowledge of the nature of science in the particle nature of matter. *Chemical Education Research and Practice*, 14: 201-213.

Berry, A. & Loughran, J. (2010). "What do we know about effective CPD for developing science teachers' pedagogical content knowledge?" Paper presented at the International Seminar, Professional Reflections, National Science Learning Centre, York.

Berry, A., Depaepe, F. & van Driel, J. (2016). Pedagogical Content Knowledge in Teacher Education. In J. Loughran & M. L. Hamilton (Eds.): *International handbook of teacher education*. Singapore: Springer Singapore. pp. 347–386.

Berry, A., Friedrichsen, P., & Loughran, J. (2015). *Re-examining pedagogical content knowledge in science education*. New York, London: Routledge.

Bertram, A. & Loughran, L. (2014). "Planting the seed: Scaffolding the PCK development of pre-service science teachers". In Venkat, H. Rollnick, M., Loughran, J. and Askew, M. (Eds.): *Exploring Mathematics and Science Teachers' Knowledge: Windows into Teacher Thinking*. New York: Routledge. pp 15-27.

Boulton-Lewis, G. M., Smith, D. J. H., McCrandle, A. R., Burnett, P. C., & Campbell, K. J. (2001). Secondary teachers' conceptions of teaching and learning. *Learning and Instruction*, 11: 35-51.

Brownlee, J., Schraw, G., & Berthelsen, D. (2011). *Personal Epistemology and Teacher Education*. New York, NY: Routledge.

Bryan L.A. (2012). "Research on Science Teacher Beliefs". In: Fraser B., Tobin K., McRobbie C. (Eds): *Second International Handbook of Science Education*. Springer International Handbooks of Education, Springer, Dordrecht. vol 24. pp. 477-495

Bryan, L. A., & Atwater, M. M. (2002). Teacher beliefs and cultural models: a challenge for science teacher preparation programs. *Science Education*, 86: 821-839.

Buldur, S. (2017). A longitudinal investigation of the preservice science teachers' beliefs about science teaching during a science teacher training programme. *International Journal of Science Education*, 39(1): 1-19.

Bursal, M. (2010). Turkish preservice elementary teachers' self- efficacy beliefs regarding mathematics and science teaching. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8: 649–666.

Cakiroglu, J., Cakiroglu, E. & Boone, W. J. (2005). Pre-service teacher self-efficacy beliefs regarding science teaching: A comparison of pre-service teachers in Turkey and the USA. *Science Educator*, 14(1): 31–40.

Calderhead, J. (1996). Teachers: beliefs and knowledge. In: Berliner, D. C., & Calfee, R. C. (Eds.): *Handbook of Educational Psychology*. New York: Macmillan. pp. 709-725.

Caleon, I.S., Tan, Y.S.M. & Cho, Y.H. (2018). Does Teaching Experience Matter? The Beliefs and Practices of Beginning and Experienced Physics Teachers. *Res Sci Educ*, 48: 117–149.

Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A. C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., Carpendale, J., Chan, K. K. H., Cooper, R., Friedrichsen, P. J., Gess-Newsome, J., Henze-Rietveld, I., Hume, A., Kirschner, S., Liepertz, S., Loughran, J., Mavhunga, E., Neumann, K., Nilsson, P., Wilson, C. D. (2019). The refined consensus model of pedagogical content knowledge in science education. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.): *Repositioning pedagogical content knowledge in Teachers' knowledge for teaching science*. Springer Singapore. pp. 77–92.

Chambers, D. W. (1983). Stereotypic images of the scientist: the Draw-A-Scientist-Test. *Science Education*, 67: 255-265.

Chandrasegaran, A. L., Treagust, D. F., & Mocerino, M. (2007). The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(3): 293–307.

Chittleborough, G. D. (2004). *The role of teaching models and chemical representations in developing students' mental models of chemical phenomena*. Doctoral dissertation, Curtin University. Western Australia.

- Choi, S. & Ramsey, J. (2010). Constructing elementary teachers' beliefs, attitudes, attitudes, and practical knowledge through an inquiry-based elementary science course. *School Science and Mathematics*, 109(6): 313–324.
- Cindrić, M.; Miljković, D. & Strugar, V. (2010). *Didaktika i kurikulum*. IEP-D2: Zagreb, Hrvatska.
- Cochran, K. R. Deruiter, J. A. & King, R. A. (1993). Pedagogical content knowing: an integrative model for teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, 44: 263–270.
- Creswell, J. W. (2003). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (2nd ed.). Sage. Thousand Oaks, California.
- Czerniak, C. M., Lumpe, A. T., & Haney, J.J. (1999). Teacher's beliefs about thematic units in science. *Journal of Science Teacher Education*, 10, 123-145.
- DeBoer, G. (2014). The history of science curriculum reform. In Lederman, N.G. and Abell, S.K. (eds.): *Handbook of research on science education*. New York: Routledge. 559-578.
- De Jong, O., Acampo, J. & Verdonk, A. (1995). Problems in teaching the topic of redox reactions: Actions and conceptions of chemistry teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32: 1097-1110.
- De Jong, O., Ahtee, M., Goodwin, A., Hatzinikita, V. & Koulaidis, V. (1999). An International Study of Prospective Teachers' Initial Teaching Conceptions and Concerns: The case of teaching 'combustion'. *European Journal of Teacher Education*, 22(1): 45 – 57.
- De Jong, O., Van Driel, J.H., & Verloop, N. (2005). Preservice Teachers' Pedagogical Content Knowledge of Using Particle Models in Teaching Chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(8): 947-964.
- De Jong, O. (2007). Trends in western science curricula and science education research: A bird's eye view. *Journal of Baltic Science Education*, 6: 15-22.
- De Jong, O. and Talaquer, V. (2015). "Why is so relevant to learn the Big Ideas in Chemistry at School?" Eilks, I. and Hofstein, A. (Eds.): *Relevant Chemistry Education – From Theory to Practice*. Brill Sense Publishers. pp. 11-30.

Demirbag, M. & Bahcivan, E. (2022). Psychological modelling of preservice science teachers' argumentativeness, achievement goals, and epistemological beliefs: a mixed design. *Eur. J. Psychol. Educ.* 37: pp.257-278.

Dewey, J. (1933). *How we think*. Boston: D. C. Heath and Co.

Dreyfus, S. E., & Dreyfus, H. L. (1980). *A five-stage model of the mental activities involved in directed skill acquisition*. Operations Research Center, University of California, Berkeley.

Eilks, I., Witteck, T., & Pietzner, V. (2012). The role and potential dangers of visualisation when learning about sub-microscopic explanations in chemistry education. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 2(1): 125-145.

Ekiz-Kiran, B., Boz, Y. & Selcan Oztay, E. (2021). Development of pre-service teachers' pedagogical content knowledge through a PCK-based school experience course. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 22: 415-430.

Evens, M., Elen, J., & Depaepe, F. (2015). Developing Pedagogical Content Knowledge: Lessons Learned from Intervention Studies. *Education Research International*, 2015, 1–23.

Finson, K. D., Beaver, J. B., & Crammond, B. L. (1995). Development of and field-test-of a checklist for the draw-a-scientist test. *School Science and Mathematics*, 95: 195-205.

Fensham, P. (1975). "Concept formation". In Daniels, D. (ed.) *New movements in the study and teaching of chemistry*. London: Temple Smith. pp. 199-217.

Fenstermacher, G. D. (1979). A philosophical consideration of recent research on teacher effectiveness. *Review of research in education*, 6: 157-185.

Ferguson, L. E., & Lunn Brownlee, J. (2018). An Investigation of Preservice Teachers' Beliefs about the Certainty of Teaching Knowledge. *Australian Journal of Teacher Education*, 43(1): 94 – 111.

Feucht, F.C. (2010). Epistemic climate in elementary classrooms. In L.D. Bendixen & F.C. Feucht (Eds.): *Personal epistemology in the classroom: Theory, research, and implications for practice*. New York, NY: Cambridge University Press. pp. 55-93.

Fischler, H. (2001). Verfahren zur Erfassung von Lehrer-Vorstellungen zum Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften. *Zeitschrift der Didaktik der Naturwissenschaften*, 7: 105-120.

Flick, U. (2009). *An introduction to qualitative research*. SAGE Publications, Inc.

Friedrichsen, P. J., Abell, S. K., Pareja, E. M., Brown, P. L., Lankford, D. M., & Volkman, M. J. (2008). Does teaching experience matter? Examining biology teachers' prior knowledge for teaching in an alternative certification program. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(4): 357–383.

Geddis, A. N., Onslow, B., Beynon, C., & Oesch, J. (1993). Transforming content knowledge: Learning to teach about isotopes. *Science Education*, 77(6): 575–591.

Georgiadou, A. & Tsapalis, G. (2000). Chemistry Teaching in Lower Secondary School with Methods Based on: A) Psychological Theories; B) The Macro, Representational and Submicro Levels of Chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 1(2): 217–226.

Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical content knowledge: An introduction and orientation. In J. Gess-Newsome & N. Lederman (Eds.): *Examining pedagogical content knowledge*. Dordrecht: Kluwer Academic. pp. 3-17.

Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK summit. In A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.), *Re-examining pedagogical content knowledge in science education*. New York, London: Routledge. pp. 28 – 42.

Goodenough, F. L. (1926). *Measurement of Intelligence by Drawing*. New York: World Book Co.

Goodenough, W. (1963). *Cooperation in Change*. New York: Russell Sage.

Gormally, C., Brickman, P., Hallar, B., & Armstrong, N. (2009). Effects of inquiry-based learning on students' science literacy skills and confidence. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 3(2): Article 16.

Greene, J.G. & Yu, S.B. (2016). Educating critical thinkers: The role of epistemic cognition. *Policy Insights from the Behavioural and Brain Sciences*, 3: 45–53.

Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.

Gunstone, R. F., Baird, J. R., Fensham, P. J., & White, R. T. (1988). *Understanding teacher education*. Paper presented at the International Council of Associations of Science Education World Conference, Canberra, Australia.

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2002). The particulate nature of matter: Challenges in understanding the submicroscopic world. In J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. F. Treagust & J. H. Van Driel (Eds.): *Chemical education: Towards a research-based Practice*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands. pp 189–212.

Hilton, A. & Nichols, K. (2011). Representational Classroom Practices that Contribute to Students' Conceptual and Representational Understanding of Chemical Bonding. *International Journal of Science Education*, 33(16): 2215-2246.

Hofstein, A., Eilks, I., & Bybee, R. (2011). Societal issues and their importance for contemporary science education—a pedagogical justification and the state-of-the-art in Israel, Germany, and the USA. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(6): 1459–1483.

Hutner, T. L., & Markman, A. B. (2017). Applying a goal-driven model of science teacher cognition to the resolution of two anomalies in research on the relationship between science teacher education and classroom practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(6): 713–736.

Hutner, T. L., Petrosino, A. J., & Salinas, C. (2019). Do preservice science teachers develop goals reflective of science teacher education? A case study of three preservice science teachers. *Research in Science Education*, 51: 761-789.

Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70: 701–705.

Johnson, K. (1988). Changing teachers' conceptions of teaching and learning. In: Calderhead, J. (ed.): *Teachers Professional Learning*. Lewes: Falmer Press. pp.169-195.

Jokić, B. (2013). *Science and Religion in Croatian Elementary Education: Pupils' Attitudes and Perspectives*. Institut za društvena istraživanja u Zagrebu, Zagreb.

Jokic, B. (2016.). Nacionalni kurikulum nastavnog predmeta kemija. Retrieved from: <http://www.kurikulum.hr/wp-content/uploads/2016/03/Kemija.pdf> (3. siječnja 2018.)

- Jones, M. G. & Legon, M. (2014). Teacher attitudes and beliefs: Reforming practice. In N. Lederman & S. Abell, (Eds): *Handbook of Research on Science Teaching*. Routledge, NY. pp. 830-847.
- Kagan, D.M. (1990) Ways of evaluating teacher cognition: Inferences concerning the Goldilocks Principle. *Review of Educational Research*, 60: 419-469.
- Kamen, M. (1996). A teacher's implementation of authentic assessment in an elementary science classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(8): 859–877.
- Kang, N.-H., & Keys, C.W. (2000). *An investigation of secondary school science teachers' beliefs about and the practices of hands-on activities*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans, USA.
- Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: potential and perspectives for progress. *Studies in science education*, 45(2): 169-204.
- Kind, V. (2010). “Perspectives from Research on PCK: Consequences for Changes in Science Teacher Education” In Eilks, I. and Ralle, B. (Eds.): *Contemporary science education*. Shaker:Aachen, Germany. pp. 97-110.
- Kind, V. (2015). Preservice Science Teachers’ Science Teaching Orientations and Beliefs About Science. *Science Education*, 100 (1): 122-152.
- Kind, V. & Chan, K. K. H. (2019). Resolving the amalgam: connecting pedagogical content knowledge, content knowledge and pedagogical knowledge, *International Journal of Science Education*, 41 (7): 964-978.
- Kind, V., & Kind, P. M. (2011). Beginning to Teach Chemistry: How personal and academic characteristics of pre-service Science Teachers Compare with their understandings of basic chemical ideas. *International Journal of Science Education*, 33(15): 2123–2158.
- Kirk, J., & Miller, M. L. (1986). *Reliability and validity in qualitative research*. Newbury Park, Calif. Sage.
- Koballa, T., Gräber, W., Coleman, D. C., & Kemo, A. C. (2000). Prospective gymnasium teachers’ conceptions of chemistry learning and teaching. *International Journal of Science Education*, 22: 209-224.

- Krsnik, R. (2008). *Suvremene ideje u metodici nastave fizike*. Školska knjiga. Zagreb.
- Kuckartz, U., (2020). *Qualitative inhaltsanalyse Methoden, praxis, Computerunterstützung*. Beltz Juventa.
- Kulgemeyer, C., Borowski, A., Buschhüter, D., Enkrott, P., Kempin, M., Reinhold, P., Riese, J., Schecker, H., Schröder, J., & Vogelsang, C. (2020). Professional knowledge affects action-related skills: The development of preservice physics teachers' explaining skills during a field experience. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(10): 1554–1582.
- Kvale, S. (Ed.). (1989). *Issues of validity in qualitative research*. Studentlitteratur; Bromley.
- Lederman, N. G. (1992). Students` and teachers` conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29: 331-359.
- Lehane, L. (2016). *Exploring the Development of Irish Pre-service Science Teachers' Scientific Inquiry Orientations using a Pedagogical Content Knowledge Lens within a Targeted Learning Community*. Doctoral dissertation, University of Limerick.
- Loughran, J., Mulhall, P. & Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4): 370-391.
- Loughran, J., Mulhall, P. & Berry, A. (2006) *Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge*, 1st ed. Rotterdam: Sense Publishers
- Loughran, J., Mulhall, P. & Berry, A. (2008) "Exploring pedagogical content knowledge in science teacher education". *International Journal of Science Education*, 30(10): 1301-1320.
- Loughran, J., Mulhall, P. & Berry, A. (2012) *Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge*, 2nd ed. Rotterdam: Sense Publishers.
- Lukša, Ž., Radanović, I., & Garašić, D. (2013). Konceptualni pristup poučavanju uz definiranje makrokonceptnog okvira za biologiju. *Život i škola*, 30(2): 156 –171.
- Magnusson, S., Krajcik, J. & Borko, H. (1999). Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In: Gess-Newsome, J., Lederman, N.G. (eds): *Examining Pedagogical Content Knowledge*. Science & Technology Education Library, vol 6. Springer, Dordrecht. pp. 95 – 132.

Margel, H., Eylon, B., & Scherz, Z. (2008). A junior high school students' conceptions of the structure of materials. *Journal of Research in Science Teaching*, 45: 132–152.

Markic, S. (2008). *Studies on Freshman Science Student Teachers' Beliefs about Science Teaching and Learning*. Doctoral dissertation, University of Bremen.

Markic, S., & Eilks, I. (2008). A case study on German first year chemistry student teachers' beliefs about chemistry teaching, and their comparison with student teachers from other science teaching domains. *Chemistry Education Research and Practice*, 9(1): 25–34.

Markic, S., & Eilks, I. (2013). Prospective chemistry teachers' beliefs about teaching and learning – A cross-level study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11: 979-998.

Markic S., Eilks I. (2015). Evaluating Drawings to Explore Chemistry Teachers' Pedagogical Attitudes. In: Kahveci M., Orgill M. (Eds): *Affective Dimensions in Chemistry Education*. Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 259-278.

Markic, S., Mamlok-Naaman, R., Hugerat, M., Hofstein, A., Dkeidek, I., Kortam, N. & Eilks, I. (2016). One country, two cultures - A multi-perspective view on Israeli chemistry teachers' beliefs about teaching and learning. *Teachers and Teaching: Theory and Practice*, 22(2): 131-147.

Matijević, M. (2011). *Nastava Usmjerena na učenika*. Školske novine: Zagreb. pp. 23–347.

Matijević, M.; Bilić, V.; Opić, S. (2016). *Pedagogija za učitelje i nastavnike*. Školska knjiga: Zagreb. pp. 70–205.

Mavhunga, E. & Rollnick, M. (2016). Teacher- or Learner-Centred? Science Teacher Beliefs Related to Topic Specific Pedagogical Content Knowledge: A South African Case Study. *Research in Science Education*, 46(6): 831–855.

Mavhunga, E. (2019). Exposing Pathways for Developing Teacher Pedagogical Content Knowledge at the Topic Level in Science. In: Hume, A., Cooper, R., Borowski, A. (eds): *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Springer, Singapore. pp.131-150.

Meijer, P. C., Verloop, N., & Beijaard, D. (2002). Multi-Method triangulation in a qualitative study in teachers' practical knowledge: an attempt to increase internal validity. *Quality & Quantity*, 36: 145-167.

Mondal, B.C., Chakraborty, A. (2013). *Misconceptions in Chemistry*. Saarbrücken: Lap Lambert Academic Publishing.

Mužić, V. (2004). *Uvod u metodologiju istraživanja odgoja i obrazovanja*. Educa 64, Zagreb.

Nargund-Joshi, V. & Liu, X. (2013). *Understanding in-service teachers' orientation towards interdisciplinary science*. Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching. Annual Conference Rio Grande, Puerto Rico.

Nelson, P. G. (2002). Teaching chemistry progressively: From substances, to atoms and molecules, to electrons and nuclei. *Chemistry Education Research and Practice*, 3(2): 215–228.

Nespor, J. (1987). The role of beliefs in the practice of teaching. *Journal of Curriculum Studies*, 19: 317-328.

Neumann, K., Kind, V., & Harms, U. (2018). Probing the amalgam: The relationship between science teachers' content, pedagogical and pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 41(7): 1–15.

Nilsson, P. (2008). Teaching for Understanding: The complex nature of pedagogical content knowledge in pre-service education. *International Journal of Science Education*, 30(10): 1281-1299.

Nilsson, P. (2010). Understanding and Assessing Science Student Teachers' Contemporary Pedagogical Content Knowledge. In Eilks and Ralle (Eds.): *Contemporary Science Education – Implications for Science Education Research about Orientations, Strategies and Assessment*. Shaker Verlag, Germany. pp. 111-122.

Nilsson, P. & Loughran, J. (2012). Exploring the development of pre-service science elementary teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Science Teacher Education*, 23(7): 699-721.

Nordine, J., Sorge, S., Delen, I., Evans, R., Juuti, K., Lavonen, J., Nilsson, P., Ropohl, M., & Stadler, M. (2021). Promoting Coherent Science Instruction through Coherent Science Teacher Education: A Model Framework for Program Design. *Journal of Science Teacher Education*, 32(8): 911–933.

O'Loughlin, M., & Campbell, M. B. (1988). Teachers' preparation, teacher empowerment, and reflective inquiry: a critical perspective. *Teacher Education Quarterly*, 15(4): 25-53.

- Ožić, M. (2019). *Pogrešna poimanja u nastavi kemije*. Split, Hrvatska. <https://www.pmfst.unist.hr/istrazivanje-u-edukaciji/wp-content/uploads/2019/09/mia-ozic-seminar-i.pdf> (pristupljeno 3. svibnja 2023.)
- Pajares, M. F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62: 307-332.
- Peterson, R. & Treagust, D. (1995). Developing Pre-service Teachers Pedagogical Reasoning Ability. *Research in Science Education*, 25(3): 291 - 305.
- Pinnegar, S.E. (1989). *Teachers' knowledge of students and classrooms*. Unpublished dissertation, University of Arizona, Tucson, AZ.
- Prawat, R. S. (1992). Teachers' beliefs about teaching and learning: a constructivist perspective. *American Journal of Education*, 100: 354-395.
- Prilliman, S. (2014). Integrating particulate representations into AP chemistry and introductory chemistry courses. *Journal of Chemical Education*, 91: 1291–1298.
- Richardson, V. (1996). The role of attitudes and beliefs in teaching to learn. In: Sikula, J. (ed.): *Handbook of Research on Teacher Education*. New York: Macmillan. pp. 102-119.
- Richardson, V. (2003). Preservice teachers' beliefs. In J. Rath, & A. C. McAninch, (Eds.): *Advances in Teacher Education series*. Greenwich, CT: Information Age Publishing. pp. 1-22.
- Roth, K.J., Druker, S.L., Garnier, H.E., Lemmens, M., Chen, C., Kawanaka, T., Rasmussen, D., Trubacova, S., Warvi, D., Okamoto, Y., Gonzales, P., Stigler, J., & Gallimore, R. (2006). *Teaching Science in Five Countries: Results from the TIMSS 1999 Video Study* (NCES 2006-011). U.S. Department of Education, National Center for Education Statistics. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- Saeleset, J. & Friedrichsen, P. (2021). Pre-service Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge Integration of Students' Understanding in Science and Instructional Strategies. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. 17(5).
- Savasci-Acikalin, F. (2009). Teacher beliefs and practice in science education. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 10(1): 1-14.

Schafer, A.G.L., Borland, V. M., Yezierski, E.J. (2021). Visualizing chemistry teachers' enacted assessment design practices to better understand barriers to "best practices". *Chem. Educ. Res. Pract.*, 22: 457-475.

Schiering, D., Sorge, S., Keller, M. & Neumann, K. (2022). A Proficiency Model for Pre-Service Physics Teachers' Pedagogical Content Knowledge (PCK) - What Constitutes High-Level PCK? *Journal of Research in Science Teaching*, 60: 1-28.

Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: problem solving, metacognition, and sense making in mathematics. In: Grouws, D. (ed.): *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*. New York: Macmillan. pp. 334-370.

Schoenfeld, A. H. (1998). Toward a theory of teaching-in-context. *Issues in Education*, 4(1): 1-94.

Schommer, M. (1990). Effects of beliefs about the nature of knowledge on comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 82(3), 498–504.

Schommer-Aikins, M. (2004). Explaining the epistemological belief systems: introducing the embedded systemic model and coordinated research approach. *Educational Psychologist*, 39(1): 19-29.

Sevian, H. and Talanquer, V. (2014). Rethinking chemistry: A learning progression on chemical thinking. *Chemistry Education Research and Practice*, 15: 10-23.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2): 4–14.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1): 1-22.

Schultz, M., Lawrie, G.A., Bailey, C.H., Dargaville, B.L. (2018). Characterisation of teacher professional knowledge and skill through content representations from tertiary chemistry educators. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 19: 508-519.

Sikirica, M. (2003). *Metodika nastave Kemije*. Školska knjiga: Zagreb, Hrvatska. pp. 15–92.

Skemp, R. R. (1989). *Mathematics in the primary school*. Taylor & Francis. London, England.

Smerdel, S. (2021). *Implementacija strategije predučenja u srednjoškolskoj nastavi kemije*. Doktorska disertacija, Sveučilište u Splitu.

- Smith, L. (2005). The impact of early life history on teachers' beliefs: In-school and out of-school experiences as learner and knowers of science. *Teachers and Teaching: Theory and Practice*, 11(1): 5–36.
- Sorge, S., Kröger, J., Petersen, S., & Neumann, K. (2019b). Structure and development of preservice physics teachers' professional knowledge. *International Journal of Science Education*, 41(7): 862–889.
- Sorge, S., Stender, A., & Neumann, K. (2019a). The development of science Teachers' professional competence. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.): *Repositioning pedagogical content knowledge in Teachers' knowledge for teaching science*. Springer Singapore. pp. 149–164.
- Stroupe, D., Hammerness, K., & McDonald, S. (Eds.). (2020). *Preparing science teachers through practice-based teacher education*. Harvard Education Press.
- Stuckey, M., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R. & Eilks, I. (2013) The meaning of 'relevance' in science education and its implications for the science curriculum. *Studies in Science Education*, 49(1): 1-34.
- Swanborn, P.G. (1996). A common base for quality control criteria in quantitative and qualitative research. *Quality and Quantity*, 30: 19-35.
- Šimičić, S. (2018). *Uporaba čestičnog crteža pri analizi, usvajanju, provjeri i unapređenju konceptualnog znanja u početnom poučavanju kemije*. Doktorska disertacija, Sveučilište u Splitu.
- Taber, K. (2001). Building the Structural Concepts of Chemistry: Some Considerations from Educational Research. *Chemistry Education Research and Practice*, 2(2): 123–158.
- Talanquer, V. (2011). Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry “triplet”. *International Journal of Science Education*, 33(2): 179-195.
- Tamir, P. (1988). Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 4(2): 99-110.
- Thomas, J., Pedersen, J.E. & Finson, K. (2001). Validating the Draw-A-Science-Teacher-Test Checklist (DASTT-C): Exploring mental models and teacher beliefs. *Journal of Science Teacher Education*, 12(4): 295-310.

Thompson, A. G. (1992). Teachers' beliefs and conceptions: a synthesis of the research. In: Grouws, D. A. (ed.): *Handbook of Research on Mathematics Learning and Teaching*. New York: Macmillan. p. 127-146.

Tkalac Verčić, A., Sinčić Ćorić, D., & Pološki Vokić, N. (2010). *Priručnik za metodologiju istraživačkog rada*. M.E.P. d.o.o. Zagreb, Hrvatska.

Törner, G. (2002). Mathematical beliefs - a search for a common ground: some theoretical considerations on structuring beliefs, some research questions, and some phenomenological observations. In: Leder, G. C., Pehkonen, E., & Törner, G. (eds.): *Beliefs: a Hidden Variable in Mathematics Education?* The Netherlands: Kluwer. pp. 73-94.

Tsaparlis, G. (2009). Learning at the macro level: the role of practical work. In J.K. Gilbert & D.F. Treagust (Ed.): *Multiple representations in chemical education*. Springer, Berlin, Germany. pp. 109–136.

Uzuntiryaki, E., Boz, Y., Kirbulut, D., & Bektas, O. (2009). Do Pre-service Chemistry Teachers Reflect their Beliefs about Constructivism in their Teaching Practices? *Research in Science Education*, 40(3): 403–424.

Van Driel, J. H., & Berry, A. K. (2012). Teacher professional development focusing on pedagogical content knowledge. *Educational researcher*, 41(1): 26-28.

Van Driel, J., Bulte, A. & Verloop, N. (2007). The relationships between teachers' general beliefs about teaching and learning and their domain specific curricular beliefs. *Learning and Instruction*, 17(2): 156–171.

Van Driel, J., De Jong, O., & Verloop, N. (2002). The development of preservice chemistry teachers' pedagogical content knowledge. *Science Teacher Education*, 86: 572–590.

Vizek-Vidović, V., Rijavec, M., Vlahović-Štetić, V. & Miljković, D. (2003). *Psihologija obrazovanja*. IEP. VERN, Zagreb.

Vladušić, R. (2017). *Metodičko znanje o kemijskom vezivanju s naglaskom na jezična pitanja u Republici Hrvatskoj*. Doktorska disertacija, Sveučilište u Splitu.

Wehling, L. J., & Charters, W. W. Jr. (1969). Dimensions of teacher beliefs about teaching process. *American Educational Research Journal*, 6: 7-30.

Williams, J. & Lockley, J. (2012). Using CoRes to Develop the Pedagogical Content Knowledge (PCK) of Early Career Science and Technology Teachers. *Journal of Technology Education*, 24(1): 34-54.

Wilson, B. & Wilson, M. (1979). Children's story drawing: Reinventing words. *School Arts*, 8: 6-11.

Woolfolk-Hoy, A., Davis, H. & Pape, S. J. (2006). Teacher knowledge and beliefs. In P. A. Alexander & P. H. Winne (Eds.), *Handbook of educational psychology* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum. pp. 715– 737.

8. PRILOZI

Prilog 1. Anketni upitnik uz popratno pismo namjere

Prilog 2. Opis kodova za pojedinačno kodiranje

Prilog 3. Detaljni opis razina metodičkog znanja po konceptima

Prilog 4. Crteži ispitanika (DASTT-C uz šifru)

Prilog 1. Anketni upitnik uz popratno pismo namjere

Dragi studenti,

ovo se istraživanje provodi u sklopu poslijediplomskog studija *Istraživanje u edukaciji prirodnih i tehničkih znanosti* (polje kemija) Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Splitu i izrade doktorske disertacije.

Osnovni je cilj istraživanja utvrditi sliku o razini Pedagogical Content Knowledge (PCK) budućih nastavnika kemije.

Rezultati ovog istraživanja bit će korišteni isključivo za izradu doktorske disertacije, a mogu biti upotrijebljeni i za unaprjeđivanje nastave kemije kao i za osobnu evaluaciju i napredak.

Istraživanje se obvezujem provesti u skladu sa svim važećim etičkim smjernicama.

Detaljnije informacije, kao i povratnu informaciju, možete dobiti, ukoliko želite, kontaktiranjem na navedeni mail: lsaric@pmfst.hr

Unaprijed hvala na sudjelovanju!

Lana Šarić

Istraživanje je anonimno stoga Vas molim da na vrhu svake stranice, u za to predviđenu rubriku, upišete svoju šifru.

Šifra se sastoji od 4 štampanih slova i broja i to:

1. slovo šifre = prvo slovo imena Vaše majke
2. slovo šifre = prvo slovo imena Vašeg oca
3. slovo šifre = zadnje slovo imena Vaše majke
4. slovo šifre = zadnje slovo imena Vašeg oca
5. broj šifre = zadnji broj godine Vašeg rođenja

PRIMJER: Ime majke je Ana, ime oca Ivan, a rođeni ste 1996. Godine šifra glasi: AIAN6

Označite znakom X kvadrat ispred odgovora koji je istinit za Vas ili dopunite.

Označite Vaš spol i dobnu skupinu:

- ☐ žensko
☐ muško

- ☐ < 21
☐ 21 - 22
☐ 23 – 24
☐ 25 – 26
☐ > 26

Mjesto studija:

- ☐ Osijek
☐ Split
☐ Zagreb

Smjer:

- ☐ Integrirani nastavnički studij biologije i kemije (kemije i biologije)
☐ Integrirani nastavnički studij fizike i kemije (kemije i fizike)
☐ Diplomski nastavnički studij kemije
☐ Diplomski nastavnički studij biologije i kemije (kemije i biologije)
☐ Drugo (navesti što) _____

Je li ovaj studij Vaš primaran izbor?

- ☐ Da ☐ Ne

U slučaju, da nije koji je studij bio primaran? _____

Koji puta slušate kolegij Metodike (nastave) kemije: _____

Koje ste kolegije do sada odslušali (nije nužno da su i položeni):

- ☐ Didaktika
☐ Pedagogija
☐ Psihologija
☐ Sociologija

Imate li iskustva rada u edukaciji?

- ☐ Da ☐ Ne (preskočite sljedeće pitanje)

Ukoliko ste imali iskustvo rada u edukaciji, Vaše iskustvo je:

- ☐ rad u školi (nastava)
☐ instrukcije/ repeticije
☐ škole znanosti, festival znanosti
☐ ostalo (navesti što) _____

Hvala na pažnji!

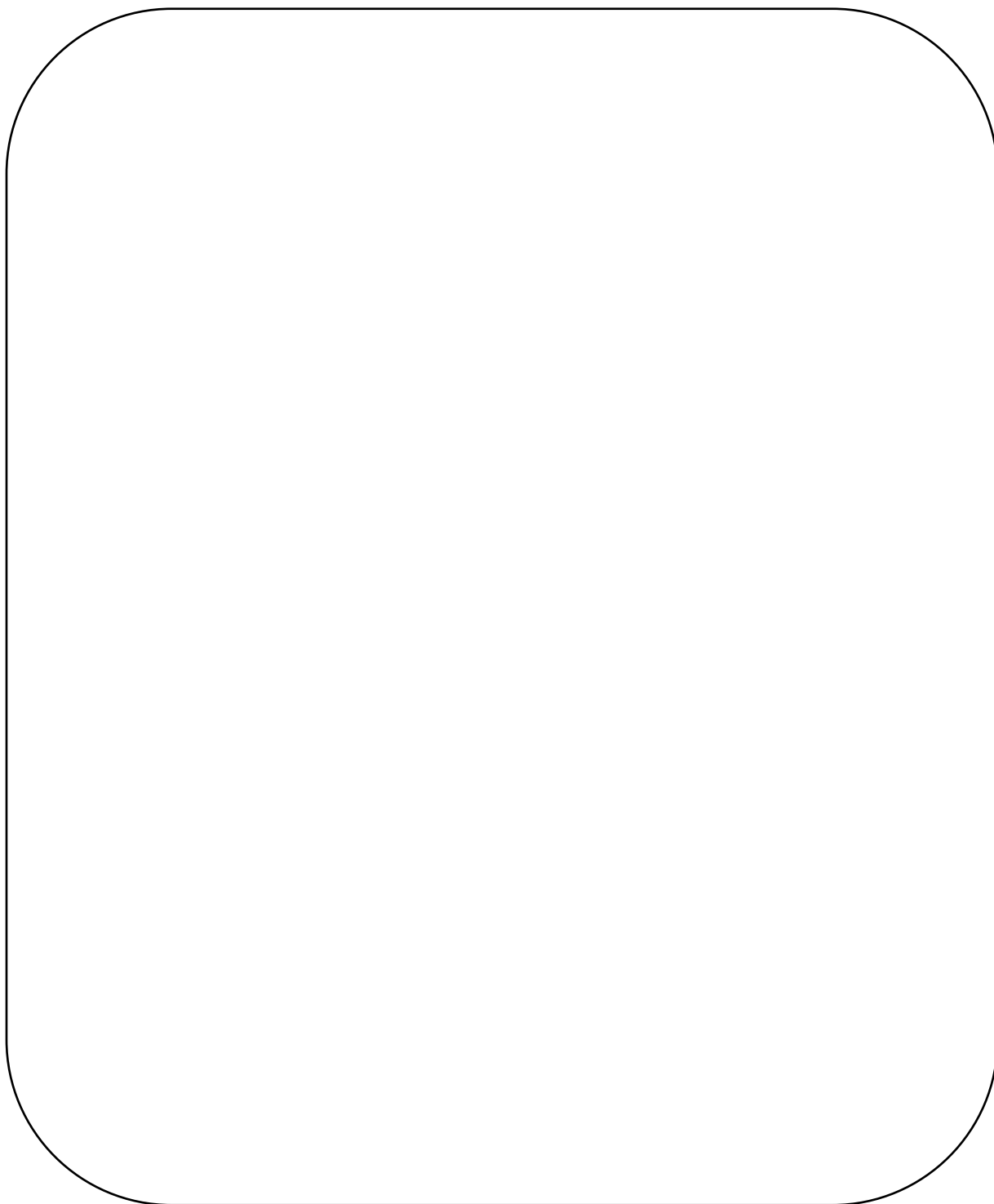
Molim Vas nastavite s ispunjavanjem.

Nastavnica/Nastavnik ste kemije u školi. **Crtežom predočite jedan momenat Vašeg nastavnog sata.**

Vi birate radite li u osnovnoj ili srednjoj školi, u kojem razredu predajete, nastavnu jedinicu (ne treba biti povezano sa čestičnom prirodom tvari) te što radite tijekom sata. Na crtežu prikažite što i kako rade Vaši učenici, Vi, prostor u kojem radite itd.

Škola: OSNOVNA / SREDNJA

Razred: _____

A large, empty rounded rectangle box with a thin black border, intended for the teacher to draw a moment from their chemistry lesson. The box is centered on the page and occupies most of the lower half of the document.

Kratko odgovorite na pitanja.

1. Opišite što Vi kao nastavnik radite tijekom prikazanog nastavnog sata (aktivnosti nastavnika).

2. Opišite što rade Vaši učenici tijekom prikazanog nastavnog sata (aktivnosti učenika).

3. Koje nastavne ciljeve želite ostvariti prikazanom situacijom?

4. Što se događalo neposredno prije prikazane situacije?

Na vrhu svake stranice (u nalazi se jedan koncept (*Big Idea*) iz područja Čestične prirode tvari (*Particle Theory*).

Nastavnica/Nastavnik ste kemije u 1. razredu srednje škole (gimnazije).

Molim Vas odgovorite na pitanja (rečenicom – dvije) u skladu s time.

Čestični prikaz se upotrebljava kako bi se pojasnila opažanja.

1. Što želite da učenici nauče temeljem ovog koncepta?
2. Zašto je važno da učenici razumiju ovaj koncept?
3. Što još znate o ovom konceptu (no s time još ne namjeravate upoznati Vaše učenike)?
4. Koje su moguće poteškoće ili ograničenja povezani s poučavanjem ovog koncepta?
5. Koja prethodna znanja učenika mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?
6. Koji još čimbenici, ukoliko postoje, mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?
7. Koje nastavne metode koristite za poučavanje ovog koncepta? Zašto?
8. Kako provjeriti usvojenost tj. (ne)razumijevanje ovog koncepta?

Postoje različite vrste čestica koje, kada ih združimo, daju nešto novo i drugačije. Postoje različiti „manji dijelovi“.

1. Što želite da učenici nauče temeljem ovog koncepta?
2. Zašto je važno da učenici razumiju ovaj koncept?
3. Što još znate o ovom konceptu (no s time još ne namjeravate upoznati Vaše učenike)?
4. Koje su moguće poteškoće ili ograničenja povezani s poučavanjem ovog koncepta?
5. Koja prethodna znanja učenika mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?
6. Koji još čimbenici, ukoliko postoje, mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?
7. Koje nastavne metode koristite za poučavanje ovog koncepta? Zašto?
8. Kako provjeriti usvojenost tj. (ne)razumijevanje ovog koncepta ?

Čestice ne mogu nastati ni iz čega niti nestati. Tijekom kemijskih reakcija dolazi do njihove preraspodjele.

1. Što želite da učenici nauče temeljem ovog koncepta?
2. Zašto je važno da učenici razumiju ovaj koncept?
3. Što još znate o ovom konceptu (no s time još ne namjeravate upoznati Vaše učenike)?
4. Koje su moguće poteškoće ili ograničenja povezani s poučavanjem ovog koncepta?
5. Koja prethodna znanja učenika mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?
6. Koji još čimbenici, ukoliko postoje, mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?
7. Koje nastavne metode koristite za poučavanje ovog koncepta? Zašto?
8. Kako provjeriti usvojenost tj. (ne)razumijevanje ovog koncepta ?

**Tvar je građena od manjih dijelova koje nazivamo
česticama.**

1. Što želite da učenici nauče temeljem ovog koncepta?
2. Zašto je važno da učenici razumiju ovaj koncept?
3. Što još znate o ovom konceptu (no s time još ne namjeravate upoznati Vaše učenike)?
4. Koje su moguće poteškoće ili ograničenja povezani s poučavanjem ovog koncepta?
5. Koja prethodna znanja učenika mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?
6. Koji još čimbenici, ukoliko postoje, mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?
7. Koje nastavne metode koristite za poučavanje ovog koncepta? Zašto?
8. Kako provjeriti usvojenost tj. (ne)razumijevanje ovog koncepta ?

Između čestica je prazan prostor.

1. Što želite da učenici nauče temeljem ovog koncepta?
2. Zašto je važno da učenici razumiju ovaj koncept?
3. Što još znate o ovom konceptu (no s time još ne namjeravate upoznati Vaše učenike)?
4. Koje su moguće poteškoće ili ograničenja povezani s poučavanjem ovog koncepta?
5. Koja prethodna znanja učenika mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?
6. Koji još čimbenici, ukoliko postoje, mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?
7. Koje nastavne metode koristite za poučavanje ovog koncepta? Zašto?
8. Kako provjeriti usvojenost tj. (ne)razumijevanje ovog koncepta ?

**Čestice se gibaju (brzina ovisi o temperaturi).
Čestice se javljaju u određenom rasporedu.**

1. Što želite da učenici nauče temeljem ovog koncepta?
2. Zašto je važno da učenici razumiju ovaj koncept?
3. Što još znate o ovom konceptu (no s time još ne namjeravate upoznati Vaše učenike)?
4. Koje su moguće poteškoće ili ograničenja povezani s poučavanjem ovog koncepta?
5. Koja prethodna znanja učenika mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?
6. Koji još čimbenici, ukoliko postoje, mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?
7. Koje nastavne metode koristite za poučavanje ovog koncepta? Zašto?
8. Kako provjeriti usvojenost tj. (ne)razumijevanje ovog koncepta ?

Čestice različitih tvari međusobno se razlikuju.

1. Što želite da učenici nauče temeljem ovog koncepta?
2. Zašto je važno da učenici razumiju ovaj koncept?
3. Što još znate o ovom konceptu (no s time još ne namjeravate upoznati Vaše učenike)?
4. Koje su moguće poteškoće ili ograničenja povezani s poučavanjem ovog koncepta?
5. Koja prethodna znanja učenika mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?
6. Koji još čimbenici, ukoliko postoje, mogu utjecati na Vaše poučavanje ovog koncepta?
7. Koje nastavne metode koristite za poučavanje ovog koncepta? Zašto?
8. Kako provjeriti usvojenost tj. (ne)razumijevanje ovog koncepta ?

Prilog 2. Opis kodova za pojedinačno kodiranje

Uvjerjenja	Kod	Opis
Uvjerjenja o organizaciji nastave	2	Nastava potpuno orijentirana na učenika: Učeničke aktivnosti su u središtu, učenici su barem djelomično uključeni u odabir i provedbu svojih aktivnosti.
	1	Nastava djelomično orijentirana na učenika: Učenici provode aktivnosti koje su potaknute i kontrolirane od strane nastavnika.
	0	Ni...niti: Nastavnik i učenik su podjednako u središtu aktivnosti, izmjena nastave orijentirane na nastavnika i nastave orijentirane na učenika.
	-1	Nastava djelomično orijentirana na nastavnika: Nastavnik je u središtu aktivnosti, no uz interakciju s učenicima, traži kraće odgovore od učenika, dominira i usmjerava aktivnostima.
	-2	Nastava potpuno orijentirana na nastavnika: Nastavnik je u središtu aktivnosti, dominira aktivnošću, drži predavanje.
Uvjerjenja o ciljevima nastave	2	Potpuno usmjerena na znanstvenu pismenost: Glavni cilj poučavanja je u potpunosti na usvajanju kompetencija i problemskom razmišljanju relevantnom za kontekst koji se poučava.
	1	Djelomično usmjerena na znanstvenu pismenost: Naglasak je na usvajanju kompetencija i problemskom razmišljanju relevantnom za kontekst koji se poučava
	0	Ni...niti: Usvajanje sadržaja i primjena znanja, tj. ne-kognitivni ciljevi su u ravnoteži.
	-1	Djelomično usmjerena na predmetni sadržaj: U prvom planu je učenje činjenica i usvajanje samog predmetnog sadržaja; vidljivi neki ciljevi koji nisu kognitivni.
	-2	Potpuno usmjerena na predmetni sadržaj: Glavni cilj je učenje činjenica i usvajanje samog predmetnog sadržaja.
Uvjerjenja o učenju	2	Potpuno konstruktivističko poučavanje: Učenje je autonomno i samoorganizirano od strane učenika, počevši od učeničkih ideja i inicijativa.
	1	Djelomično konstruktivističko poučavanje: Učenje je autonomno i samoorganizirano od strane učenika, no potaknuto i djelomično vođeno od strane nastavnika.
	0	Ni...niti: Učenje je vođeno od strane nastavnika vodeći računa od predznanjima/predkonceptima samih učenika;
	-1	Usmjereno učenje s aktivnom fazom učenika: Učenje slijedi scenarij nastavnika; učenici provode aktivnosti koje su osmišljene i organizirane od strane nastavnika.
	-2	Receptivno učenje: Učenje je pasivno i potpuno usmjereno od strane nastavnika; diseminacija informacija.

Prilog 3. Detaljni opis razina metodičkog znanja po konceptima

1. Čestični prikaz upotrebljava se kako bi se pojasnila opažanja.			
Pitanje	1. razina MZ	2. razina MZ	3. razina MZ
1.	Prikazati opažanja pokusa; razumijevanje kemijskih reakcija i promjena.	Opisivanje promjena uočenih pokusom na čestičnoj razini; vizualizacija gradiva; povezivanje makroskopske i mikroskopske razine.	Makroskopska opažanja pokusa prikazati na mikroskopskoj razini; opisivanje sustava na atomsko-molekularskoj i čestičnoj razini; svojstva tvari posljedica su njene strukture.
2.	Razumijevanje građe tvari; vizualizacija kemijskih promjena i procesa (bez naglaska na čestičnoj razini); razlikovanje sustava na makroskopskoj i mikroskopskoj razini.	Opisivanje i prikazivanje kemijskih promjena na čestičnoj razini; reakcije su posljedica različitih svojstva i interakcija čestica; vizualizacija kemijskih promjena i procesa na razini čestica; reakcije se odvijaju na čestičnoj razini.	Dublje razumijevanje kemije i pozadine kemijskih reakcija i promjena; daljnje učenje i shvaćanje kemije; logičko poimanje promjena.
3.	„...Ništa konkretno...“; radijus atoma/iona prilikom crtanja.	Ionski oblici jednadžbi; kemijske veze; pojašnjenje pozadine kemijskih promjena.	Dualna priroda čestica; VSEPR; konformacije.
4.	Apstraktnost pojma; teža vizualizacija; neusvojenost pojmova potrebnih za razumijevanje koncepta; nezainteresiranost učenika; nema ograničenja.	Nerazumijevanje gradiva od strane učenika; nepoznavanje čestične građe; nedovoljna ili pogrešna znanja od ranije; nepoznavanje i/ili nerazumijevanje svojstva na makroskopskoj i mikroskopskoj razini; nepovezivanje makroskopske i mikroskopske razine; teža vizualna percepcija na razini čestica; nepoznavanje terminologije; ne razmišljanje na mikroskopskoj razini.	Kognitivne mogućnosti učenika; kompleksnost gradiva za dob učenika; problemi vizualizacije i izražavanja na čestičnoj razini; nemogućnost izvorne stvarnosti na mikroskopskoj razini; nedovoljno znanje nastavnika; nerazumijevanje koncepta od strane nastavnika; razredna disciplina i atmosfera u razredu (interakcija učenika i nastavnika); nedostatak nastavnih pomagala; materijali neprilagođeni

			uzrastu učenika; problemi prostorne percepcije.
5.	Prethodna znanja (iz osnovne škole, drugih prirodnih predmeta); prethodna znanja o građi i svojstvima tvari, ne postoje prethodna znanja koja bi mogla utjecati; prethodna znanja ne utječu.	Znanja o čestičnoj građi tvari; nedostatak znanja o terminologiji ili krivo poimanje pojmova; prethodni susreti s čestičnom razinom i prikazom; grafički prikaz na čestičnoj razini te interpretacija istih; poznavanje čimbenika koji utječu na brzinu kemijskih reakcija.	Kriva poimanja i znanja o čestičnoj prirodi tvari; nepovezivanje svojstva tvari s njihovom čestičnom strukturom; nerazumijevanje čestične prirode tvari; neiskustvo u čestičnom prikazu (i od strane nastavnika i od strane učenika); izvori informacija koji nisu znanstveno ispravni; učenje unaprijed; nerazumijevanje ili teže razumijevanje koncepta od strane učenika.
6.	Nerazumijevanje osnovnih kemijskih pojmova; prethodna znanja ili znanja srodnih predmeta (bez navođenja koja znanja); zainteresiranost učenika; usmeno pojašnjavanje bez pisanog zapisa; nema ostalih čimbenika.	Prethodna učenička znanja i razumijevanja (specificirano koja); neusvojeni prethodni sadržaji; modeli za prikaz koncepta; dostupnost pribora i kemikalija; nepovezivanje s gradivom od prije; teža predodžba čestične prirode tvari; oblici/način rada nastavnika; prostorna percepcija; struktura razreda.	Pristup obradi koncepta (kreativnost nastavnika); atmosfera i disciplina u razredu; opremljenost kabineta; nedovoljna pripremljenost nastavnika za sat; nerazumijevanje koncepta od strane nastavnika; sposobnost nastavnika da temu približi učenicima; kognitivne sposobnosti učenika; nedostatak IKT; vanjski čimbenici (mediji, roditelji); teže ispravljanje krivih konceptata ukoliko postoje.
7.	Izravno poučavanje; predavanje; metoda rada s tekstom, ali ne programirana; verbalne: usmeno izlaganje nastavnika (predavanje, jednosmjerni razgovor).	Metoda demonstracije (pokusi); vizualne metode: rad s crtežom, primjeri na ploči, upotreba multimedija, vođeni pokusi uz bilježenje opažanja; verbalne: usmeno izlaganje nastavnika uz uključivanje učenika, povezivanje s primjerima.	Metoda razgovora: heurističko poučavanje (rasprava, panel rasprava); metoda rada s tekstom: programirano poučavanje (programirani radni listić, tekst); verbalne metode: razredna rasprava, komentiranje opažanja, propitkivanje, sudjelovanje u diskusiji, glasno razmišljanje,

			poticanje učenika da govore o temi; vizualne: učenici sami rade pokus, metoda crtanje (crtež na čestičnoj razini), upotreba modela, upotreba simulacija/animacija reakcija.
8.	Usmeno i pisano ispitivanje; ispitivanje pred pločom; domaća zadaća; pitati ih je li im jasno.	Primjeri u kojima učenik opisuje/povezuje sustav s čestičnim prikazom; pisanje jednadžbi kemijskih reakcija; rasprava; kviz znanja; zadaci prepoznavanja čestičnog prikaza; rješavanje radnog listića.	Problemski zadaci primjene koncepta tj. prikaz sustava na čestičnoj razini; samostalno pojašnjenje čestičnog prikaza drugim učenicima; zadaci povezivanja opažanja pokusa s prikazom na mikroskopskoj razini i zapis jednadžbe kemijske reakcije; zadaci s čestičnim prikazom (skiciranje); konceptualna pitanja; prikaz Lewisovim strukturama; samostalna izvedba pokusa uz pojašnjenja i prikaz opažanja na više različitih razina.

2. Čestični prikaz upotrebljava se kako bi se pojasnila opažanja.			
Pitanje	1. razina MZ	2. razina MZ	3. razina MZ
1.	Građa tvari; postoje različite čestice koje se razlikuju po svojstvima.	Povezivanjem čestica nastaje nova tvar drugačijih svojstva; spajanjem atoma različitih elemenata nastaju spojevi koji se razlikuju po svojstvima; kemijskim reakcijama nastaju nove tvari.	Postoje različite čestice koje međusobno reagiraju; različitost čestica može se pojasniti periodičnošću svojstva; čestice nisu vidljive golim okom; svojstva tvari ovise o česticama o kojih se sastoje; kemijskim reakcijama dolazi do preraspodjele čestica i nastanka novih tvari.
2.	Razumijevanje građe tvari i njihovih svojstva; razumijevanje kemijske reakcije.	Razumijevanje građe i svojstva tvari; bit kemije jer pomaže razumijevanju kemijskih reakcija te nastanka veza i interakcija; razumijevanje nastanka novih spojeva.	Razumijevanje biti kemijskih reakcija na mikroskopskoj razini; pojasniti razlike i vrste tvari i veza na temelju pokusa; daljnje razumijevanje i povezivanje gradiva; razvoj logičkog razmišljanja; promatranje okoline na čestičnoj razini.
3.	Podjela tvari; građa atoma; periodičnost svojstva.	Svojstva tvari; interakcije čestica; građa i modeli atoma; Lewisovi simboli.	Kompleksni spojevi; redoks reakcije; kvantna kemija; mehanizmi odvijanja reakcija.
4.	Apstraktnost pojma; teža vizualizacija; neusvojenost pojmova potrebnih za razumijevanje koncepta; nezainteresiranost učenika; nema ograničenja.	Nerazumijevanje gradiva od strane učenika; nepoznavanje čestične građe; nedovoljna ili pogrešna znanja od ranije; nepoznavanje i/ili nerazumijevanje svojstva na makroskopskoj i mikroskopskoj razini; nepovezivanje makroskopske i mikroskopske razine; teža vizualna percepcija na razini čestica; nepoznavanje	Kognitivne mogućnosti učenika; kompleksnost gradiva za dob učenika; problemi vizualizacije i izražavanja na čestičnoj razini; nemogućnost izvorne stvarnosti na mikroskopskoj razini; nedovoljno znanje nastavnika; nerazumijevanje koncepta od strane nastavnika; razredna disciplina i atmosfera u razredu (interakcija učenika i nastavnika); nedostatak nastavnih pomagala;

		terminologije; ne razmišljanje na mikroskopskoj razini.	materijali neprilagođeni uzrastu učenika; problemi prostorne percepcije.
5.	Prethodna znanja (iz osnovne škole, drugih prirodnih predmeta); prethodna znanja o građi i svojstvima tvari, ne postoje prethodna znanja koja bi mogla utjecati; prethodna znanja ne utječu.	Znanja o čestičnoj građi tvari; nedostatak znanja o terminologiji ili krivo poimanje pojmova; prethodni susreti s čestičnom razinom i prikazom; grafički prikaz na čestičnoj razini te interpretacija istih; poznavanje čimbenika koji utječu na brzinu kemijskih reakcija.	Kriva poimanja i znanja o čestičnoj prirodi tvari; nepovezivanje svojstva tvari s njihovom čestičnom strukturom; nerazumijevanje čestične prirode tvari; neiskustvo u čestičnom prikazu (i od strane nastavnika i od strane učenika); izvori informacija koji nisu znanstveno ispravni; učenje unaprijed; nerazumijevanje ili teže razumijevanje koncepta od strane učenika.
6.	Nerazumijevanje osnovnih kemijskih pojmova; prethodna znanja ili znanja srodnih predmeta (bez navođenja koja znanja); zainteresiranost učenika; usmeno pojašnjavanje bez pisanog zapisa; nema ostalih čimbenika.	Prethodna učenička znanja i razumijevanja (specificirano koja); neusvojeni prethodni sadržaji; modeli za prikaz koncepta; dostupnost pribora i kemikalija; nepovezivanje s gradivom od prije; teža predodžba čestične prirode tvari; oblici/način rada nastavnika; prostorna percepcija; struktura razreda.	Pristup obradi koncepta (kreativnost nastavnika); atmosfera i disciplina u razredu; opremljenost kabineta; nedovoljna pripremljenost nastavnika za sat; nerazumijevanje koncepta od strane nastavnika; sposobnost nastavnika da temu približi učenicima; kognitivne sposobnosti učenika; nedostatak IKT; vanjski čimbenici (mediji, roditelji); teže ispravljanje krivih konceptata ukoliko postoje.
7.	Izravno poučavanje; predavanje; metoda rada s tekstem, ali ne programirana; verbalne: usmeno izlaganje nastavnika (predavanje, jednosmjerni razgovor).	Metoda demonstracije (pokusi); vizualne metode: rad s crtežom, primjeri na ploči, upotreba multimedija, vođeni pokusi uz bilježenje opažanja; verbalne: usmeno izlaganje nastavnika uz uključivanje	Metoda razgovora: heurističko poučavanje (rasprava, panel rasprava); metoda rada s tekstem: programirano poučavanje (programirani radni listić, tekst); verbalne metode: razredna rasprava, komentiranje opažanja, propitkivanje, sudjelovanje u diskusiji,

		učenika, povezivanje s primjerima.	glasno razmišljanje, poticanje učenika da govore o temi; vizualne: učenici sami rade pokus, metoda crtanje (crtež na čestičnoj razini), upotreba modela, upotreba simulacija/animacija reakcija.
8.	Usmeno i pisano ispitivanje; ispitivanje pred pločom; domaća zadaća; pitati ih je li im jasno.	Primjeri u kojima učenik opisuje/povezuje sustav s čestičnim prikazom; pisanje jednadžbi kemijskih reakcija; rasprava; kviz znanja; zadaci prepoznavanja čestičnog prikaza; rješavanje radnog listića.	Problemski zadaci primjene koncepta tj. prikaz sustava na čestičnoj razini; samostalno pojašnjenje čestičnog prikaza drugim učenicima; zadaci povezivanja opažanja pokusa s prikazom na mikroskopskoj razini i zapis jednadžbe kemijske reakcije; zadaci s čestičnim prikazom (skiciranje); konceptualna pitanja; prikaz Lewisovim strukturama; samostalna izvedba pokusa uz pojašnjenja i prikaz opažanja na više različitih razina.

3. Čestice ne mogu nastati ni iz čega niti nestati. Tijekom kemijskih reakcija dolazi do njihove preraspodjele.			
Pitanje	1. razina MZ	2. razina MZ	3. razina MZ
1.	Čestice ne mogu nestati; povijesni dio atoma; građu tvari; atomi su oko nas; ideja kemijske reakcije.	Zakon o očuvanju mase; međusobna reaktivnost čestica; čestičnu prirodu tvari i neuništivost čestica.	Opisivanje kemijskih reakcija na čestičnoj razini; Kemijske promjene i nastanak novih čestica; energijske promjene tijekom reakcije; vizualni prikaz kemijske reakcije; vezivanje čestica.
2.	Opća kultura; razumijevanje građe tvari; osnova kemije.	Prikaz događaja kemijske reakcije; kruženje tvari; važnost čestica u kemiji.	Razumijevanje događaja i promjena u kemijskoj reakciji te prikaz istih; predviđanje kemijskih reakcija; čestična razina u kemiji; razumijevanje pretvorbe i prijenosa energije.
3.	Vrste kemijskih reakcija; povijesni razvoj atoma; građa tvari; "...svašta...; <i>puno toga...</i> "	Zakon o očuvanju mase; Zakon o očuvanju energije; raspodjela čestica; svojstva čestica; tijek kemijske reakcije.	Mehanizmi reakcije; dio kinetike (npr. teorija sudara); dio termokemije (npr. promjene energije tijekom reakcije); čimbenici koji utječu na kemijsku reakciju; kvantna kemija; redoks reakcije.
4.	Apstraktnost pojma; teža vizualizacija; neusvojenost pojmova potrebnih za razumijevanje koncepta; nezainteresiranost učenika; nema ograničenja.	Nerazumijevanje gradiva od strane učenika; nepoznavanje čestične građe; nedovoljna ili pogrešna znanja od ranije; nepoznavanje i/ili nerazumijevanje svojstva na makroskopskoj i mikroskopskoj razini; nepovezivanje makroskopske i mikroskopske razine; teža vizualna percepcija na razini čestica; nepoznavanje terminologije; ne	Kognitivne mogućnosti učenika; kompleksnost gradiva za dob učenika; problemi vizualizacije i izražavanja na čestičnoj razini; nemogućnost izvorne stvarnosti na mikroskopskoj razini; nedovoljno znanje nastavnika; nerazumijevanje koncepta od strane nastavnika; razredna disciplina i atmosfera u razredu (interakcija učenika i nastavnika); nedostatak nastavnih pomagala; materijali neprilagođeni

		razmišljanje na mikroskopskoj razini.	uzrastu učenika; problemi prostorne percepcije.
5.	Prethodna znanja (iz osnovne škole, drugih prirodnih predmeta); prethodna znanja o građi i svojstvima tvari, ne postoje prethodna znanja koja bi mogla utjecati; prethodna znanja ne utječu.	Znanja o čestičnoj građi tvari; nedostatak znanja o terminologiji ili krivo poimanje pojmova; prethodni susreti s čestičnom razinom i prikazom; grafički prikaz na čestičnoj razini te interpretacija istih; poznavanje čimbenika koji utječu na brzinu kemijskih reakcija.	Kriva poimanja i znanja o čestičnoj prirodi tvari; nepovezivanje svojstva tvari s njihovom čestičnom strukturom; nerazumijevanje čestične prirode tvari; neiskustvo u čestičnom prikazu (i od strane nastavnika i od strane učenika); izvori informacija koji nisu znanstveno ispravni; učenje unaprijed; nerazumijevanje ili teže razumijevanje koncepta od strane učenika.
6.	Nerazumijevanje osnovnih kemijskih pojmova; prethodna znanja ili znanja srodnih predmeta (bez navođenja koja znanja); zainteresiranost učenika; usmeno pojašnjavanje bez pisanog zapisa; nema ostalih čimbenika.	Prethodna učenička znanja i razumijevanja (specificirano koja); neusvojeni prethodni sadržaji; modeli za prikaz koncepta; dostupnost pribora i kemikalija; nepovezivanje s gradivom od prije; teža predodžba čestične prirode tvari; oblici/način rada nastavnika; prostorna percepcija; struktura razreda.	Pristup obradi koncepta (kreativnost nastavnika); atmosfera i disciplina u razredu; opremljenost kabineta; nedovoljna pripremljenost nastavnika za sat; nerazumijevanje koncepta od strane nastavnika; sposobnost nastavnika da temu približi učenicima; kognitivne sposobnosti učenika; nedostatak IKT; vanjski čimbenici (mediji, roditelji); teže ispravljanje krivih konceptata ukoliko postoje.
7.	Izravno poučavanje; predavanje; metoda rada s tekstom, ali ne programirana; verbalne: usmeno izlaganje nastavnika (predavanje, jednosmjerni razgovor).	Metoda demonstracije (pokus); vizualne metode: rad s crtežom, primjeri na ploči, upotreba multimedija, vođeni pokus uz bilježenje opažanja; verbalne: usmeno izlaganje nastavnika uz uključivanje učenika, povezivanje s primjerima.	Metoda razgovora: heurističko poučavanje (rasprava, panel rasprava); metoda rada s tekstom: programirano poučavanje (programirani radni listić, tekst); verbalne metode: razredna rasprava, komentiranje opažanja, propitkivanje, sudjelovanje u diskusiji, glasno razmišljanje,

			poticanje učenika da govore o temi; vizualne: učenici sami rade pokus, metoda crtanje (crtež na čestičnoj razini), upotreba modela, upotreba simulacija/animacija reakcija.
8.	Usmeno i pisano ispitivanje; ispitivanje pred pločom; domaća zadaća; pitati ih je li im jasno.	Primjeri u kojima učenik opisuje/povezuje sustav s čestičnim prikazom; pisanje jednadžbi kemijskih reakcija; rasprava; kviz znanja; zadaci prepoznavanja čestičnog prikaza; rješavanje radnog listića.	Problemski zadaci primjene koncepta tj. prikaz sustava na čestičnoj razini; samostalno pojašnjenje čestičnog prikaza drugim učenicima; zadaci povezivanja opažanja pokusa s prikazom na mikroskopskoj razini i zapis jednadžbe kemijske reakcije; zadaci s čestičnim prikazom (skiciranje); konceptualna pitanja; prikaz Lewisovim strukturama; samostalna izvedba pokusa uz pojašnjenja i prikaz opažanja na više različitih razina.

4. Tvar je građena od manjih dijelova koje nazivamo česticama.			
Pitanje	1. razina MZ	2. razina MZ	3. razina MZ
1.	Pojam i građu tvari; vrste čestica.	Vizualni prikaz kemijskih procesa; tvari se sastoje od čestica o kojima ovise njihova svojstva.	Vidimo makroskopsku razinu, a čestice i promjene se događaju na mikroskopskoj razini; interakcije čestica; promatranje svijeta na čestičnoj razini; prikaz nečeg apstraktnog.
2.	Razumijevanje odnosa i svojstva tvari; razumijevanje građe atoma.	temeljni kemijski koncept zbog razumijevanja odvijanja kemijskih reakcija; razumijevanja da su svojstva tvari posljedica njihove građe.	Daljnje razumijevanje kemije; promjene koje se vide na makroskopskoj razini događaju se na mikroskopskoj razini.
3.	Građa samog atoma; međudjelovanja čestica; puno toga.	Utjecaj strukture tvari na svojstva tvari; stvaranje kemijskih veza.	Kvantna kemija; postojanje subatomske čestice i njihove međusobne interakcije; elektronsku konfiguraciju i orbitale.
4.	Apstraktnost pojma; teža vizualizacija; neusvojenost pojmova potrebnih za razumijevanje koncepta; nezainteresiranost učenika; nema ograničenja.	Nerazumijevanje gradiva od strane učenika; nepoznavanje čestične građe; nedovoljna ili pogrešna znanja od ranije; nepoznavanje i/ili nerazumijevanje svojstva na makroskopskoj i mikroskopskoj razini; nepovezivanje makroskopske i mikroskopske razine; teža vizualna percepcija na razini čestica; nepoznavanje terminologije; ne razmišljanje na mikroskopskoj razini.	Kognitivne mogućnosti učenika; kompleksnost gradiva za dob učenika; problemi vizualizacije i izražavanja na čestičnoj razini; nemogućnost izvorne stvarnosti na mikroskopskoj razini; nedovoljno znanje nastavnika; nerazumijevanje koncepta od strane nastavnika; razredna disciplina i atmosfera u razredu (interakcija učenika i nastavnika); nedostatak nastavnih pomagala; materijali neprilagođeni uzrastu učenika; problemi prostorne percepcije.

5.	Prethodna znanja (iz osnovne škole, drugih prirodnih predmeta); prethodna znanja o građi i svojstvima tvari, ne postoje prethodna znanja koja bi mogla utjecati; prethodna znanja ne utječu.	Znanja o čestičnoj građi tvari; nedostatak znanja o terminologiji ili krivo poimanje pojmova; prethodni susreti s čestičnom razinom i prikazom; grafički prikaz na čestičnoj razini te interpretacija istih; poznavanje čimbenika koji utječu na brzinu kemijskih reakcija.	Kriva poimanja i znanja o čestičnoj prirodi tvari; nepovezivanje svojstva tvari s njihovom čestičnom strukturom; nerazumijevanje čestične prirode tvari; neiskustvo u čestičnom prikazu (i od strane nastavnika i od strane učenika); izvori informacija koji nisu znanstveno ispravni; učenje unaprijed; nerazumijevanje ili teže razumijevanje koncepta od strane učenika.
6.	Nerazumijevanje osnovnih kemijskih pojmova; prethodna znanja ili znanja srodnih predmeta (bez navođenja koja znanja); zainteresiranost učenika; usmeno pojašnjavanje bez pisanog zapisa; nema ostalih čimbenika.	Prethodna učenička znanja i razumijevanja (specificirano koja); neusvojeni prethodni sadržaji; modeli za prikaz koncepta; dostupnost pribora i kemikalija; nepovezivanje s gradivom od prije; teža predodžba čestične prirode tvari; oblici/način rada nastavnika; prostorna percepcija; struktura razreda.	Pristup obradi koncepta (kreativnost nastavnika); atmosfera i disciplina u razredu; opremljenost kabineta; nedovoljna pripremljenost nastavnika za sat; nerazumijevanje koncepta od strane nastavnika; sposobnost nastavnika da temu približi učenicima; kognitivne sposobnosti učenika; nedostatak IKT; vanjski čimbenici (mediji, roditelji); teže ispravljanje krivih koncepata ukoliko postoje.
7.	Izravno poučavanje; predavanje; metoda rada s tekстом, ali ne programirana; verbalne: usmeno izlaganje nastavnika (predavanje, jednosmjerni razgovor).	Metoda demonstracije (pokusi); vizualne metode: rad s crtežom, primjeri na ploči, upotreba multimedija, vođeni pokusi uz bilježenje opažanja; verbalne: usmeno izlaganje nastavnika uz uključivanje učenika, povezivanje s primjerima.	Metoda razgovora: heurističko poučavanje (rasprava, panel rasprava); metoda rada s tekстом: programirano poučavanje (programirani radni listići, tekst); verbalne metode: razredna rasprava, komentiranje opažanja, propitkivanje, sudjelovanje u diskusiji, glasno razmišljanje, poticanje učenika da govore o temi; vizualne: učenici sami rade

			pokus, metoda crtanje (crtež na čestičnoj razini), upotreba modela, upotreba simulacija/animacija reakcija.
8.	Usmeno i pisano ispitivanje; ispitivanje pred pločom; domaća zadaća; pitati ih je li im jasno.	Primjeri u kojima učenik opisuje/povezuje sustav s čestičnim prikazom; pisanje jednadžbi kemijskih reakcija; rasprava; kviz znanja; zadaci prepoznavanja čestičnog prikaza; rješavanje radnog listića.	Problemski zadaci primjene koncepta tj. prikaz sustava na čestičnoj razini; samostalno pojašnjenje čestičnog prikaza drugim učenicima; zadaci povezivanja opažanja pokusa s prikazom na mikroskopskoj razini i zapis jednadžbe kemijske reakcije; zadaci s čestičnim prikazom (skiciranje); konceptualna pitanja; prikaz Lewisovim strukturama; samostalna izvedba pokusa uz pojašnjenja i prikaz opažanja na više različitih razina.

5. Između čestica je prazan prostor.			
Pitanje	1. razina MZ	2. razina MZ	3. razina MZ
1.	Gibanje čestica; predodžba čestica kao kuglica; čestična građa tvari.	Postojanje praznog prostora između čestica (i njegov značaj); čestice se neprestano gibaju.	Poimanje tvari na mikroskopskoj razini; svojstva tvari posljedica su međučestičnog prostora i interakcija.
2.	Osnova kemije; razumijevanje građe tvari.	Temelj kemijskih reakcija; razumijevanje strukture i građe tvari.	Razumijevanje budućeg gradiva kemije; daljnje učenje kemije; razumijevanje kvantizirane prirode čestica; promatranje tvari na mikroskopskoj razini.
3.	Prostor unutar atoma; polumjer čestica; „...moje cijelo akademsko obrazovanje...“.	Posljedice međudjelovanja i interakcija čestica.	Kvanti dio kemije (preklapanje orbitala, molekulske orbitale, vibracije čestica).
4.	Apstraktnost pojma; teža vizualizacija; neusvojenost pojmova potrebnih za razumijevanje koncepta; nezainteresiranost učenika; nema ograničenja.	Nerazumijevanje gradiva od strane učenika; nepoznavanje čestične građe; nedovoljna ili pogrešna znanja od ranije; nepoznavanje i/ili nerazumijevanje svojstva na makroskopskoj i mikroskopskoj razini; nepovezivanje makroskopske i mikroskopske razine; teža vizualna percepcija na razini čestica; nepoznavanje terminologije; ne razmišljanje na mikroskopskoj razini.	Kognitivne mogućnosti učenika; kompleksnost gradiva za dob učenika; problemi vizualizacije i izražavanja na čestičnoj razini; nemogućnost izvorne stvarnosti na mikroskopskoj razini; nedovoljno znanje nastavnika; nerazumijevanje koncepta od strane nastavnika; razredna disciplina i atmosfera u razredu (interakcija učenika i nastavnika); nedostatak nastavnih pomagala; materijali neprilagođeni uzrastu učenika; problemi prostorne percepcije.
5.	Prethodna znanja (iz osnovne škole, drugih prirodnih predmeta); prethodna znanja o građi i svojstvima tvari, ne postoje prethodna znanja koja bi	Znanja o čestičnoj građi tvari; nedostatak znanja o terminologiji ili krivo poimanje pojmova; prethodni susreti s čestičnom razinom i	Kriva poimanja i znanja o čestičnoj prirodi tvari; nepovezivanje svojstva tvari s njihovom čestičnom strukturom; nerazumijevanje čestične

	mogla utjecati; prethodna znanja ne utječu.	prikazom; grafički prikaz na čestičnoj razini te interpretacija istih; poznavanje čimbenika koji utječu na brzinu kemijskih reakcija.	prirode tvari; neiskustvo u čestičnom prikazu (i od strane nastavnika i od strane učenika); izvori informacija koji nisu znanstveno ispravni; učenje unaprijed; nerazumijevanje ili teže razumijevanje koncepta od strane učenika.
6.	Nerazumijevanje osnovnih kemijskih pojmova; prethodna znanja ili znanja srodnih predmeta (bez navođenja koja znanja); zainteresiranost učenika; usmeno pojašnjavanje bez pisanog zapisa; nema ostalih čimbenika.	Prethodna učenička znanja i razumijevanja (specificirano koja); neusvojeni prethodni sadržaji; modeli za prikaz koncepta; dostupnost pribora i kemikalija; nepovezivanje s gradivom od prije; teža predodžba čestične prirode tvari; oblici/način rada nastavnika; prostorna percepcija; struktura razreda.	Pristup obradi koncepta (kreativnost nastavnika); atmosfera i disciplina u razredu; opremljenost kabineta; nedovoljna pripremljenost nastavnika za sat; nerazumijevanje koncepta od strane nastavnika; sposobnost nastavnika da temu približi učenicima; kognitivne sposobnosti učenika; nedostatak IKT; vanjski čimbenici (mediji, roditelji); teže ispravljanje krivih konceptata ukoliko postoje.
7.	Izravno poučavanje; predavanje; metoda rada s tekstom, ali ne programirana; verbalne: usmeno izlaganje nastavnika (predavanje, jednosmjerni razgovor).	Metoda demonstracije (pokusi); vizualne metode: rad s crtežom, primjeri na ploči, upotreba multimedija, vođeni pokusi uz bilježenje opažanja; verbalne: usmeno izlaganje nastavnika uz uključivanje učenika, povezivanje s primjerima.	Metoda razgovora: heurističko poučavanje (rasprava, panel rasprava); metoda rada s tekstom: programirano poučavanje (programirani radni listić, tekst); verbalne metode: razredna rasprava, komentiranje opažanja, propitkivanje, sudjelovanje u diskusiji, glasno razmišljanje, poticanje učenika da govore o temi; vizualne: učenici sami rade pokusi, metoda crtanje (crtež na čestičnoj razini), upotreba modela, upotreba simulacija/animacija reakcija.

8.	Usmeno i pisano ispitivanje; ispitivanje pred pločom; domaća zadaća; pitati ih je li im jasno.	Primjeri u kojima učenik opisuje/povezuje sustav s čestičnim prikazom; pisanje jednadžbi kemijskih reakcija; rasprava; kviz znanja; zadaci prepoznavanja čestičnog prikaza; rješavanje radnog listića.	Problemski zadaci primjene koncepta tj. prikaz sustava na čestičnoj razini; samostalno pojašnjenje čestičnog prikaza drugim učenicima; zadaci povezivanja opažanja pokusa s prikazom na mikroskopskoj razini i zapis jednadžbe kemijske reakcije; zadaci s čestičnim prikazom (skiciranje); konceptualna pitanja; prikaz Lewisovim strukturama; samostalna izvedba pokusa uz pojašnjenja i prikaz opažanja na više različitih razina.
----	---	--	--

6. Čestice se gibaju (brzina ovisi o temperaturi). Čestice se javljaju u određenom rasporedu.			
Pitanje	1. razina MZ	2. razina MZ	3. razina MZ
1.	Shvaćanje osnovnih svojstva čestica; povezivanje sa srodnim temama iz ostalih predmeta; osnova kemije.	Gibanje čestica pod utjecajem različitih čimbenika; različite interakcije među česticama; raspored čestica utječe na svojstva tvari.	Kemijske i fizikalne promjene sa strane čestica; vizualni prikaz kemijskih reakcija na čestičnoj razini; prelasci čestica u više energijske nivoe.
2.	Osnova kemije; povezivanje sa srodnim temama iz drugih predmeta; „...čestice nemaju neki značaj...“.	Povezivanje i razumijevanje svojstva tvari; razumijevanje građe tvari; razumijevanje kemijske kinetike i čimbenika koji na nju utječu.	Usvajanje i razumijevanje budućeg gradiva kemije; povezivanje uloge i strukture čestica; promišljanje na mikroskopskoj razini; logičko razmišljanje.
3.	„...većina akademskog obrazovanja... puno toga...“	Kemijska kinetika i čimbenici koji utječu na kinetiku; utjecaj temperature na gibanje čestica.	Kvanti dio kemije; termodinamičke funkcije; jednačba stanja idealnog plina.
4.	Apstraktnost pojma; teža vizualizacija; neusvojenost pojmova potrebnih za razumijevanje koncepta; nezainteresiranost učenika; nema ograničenja.	Nerazumijevanje gradiva od strane učenika; nepoznavanje čestične građe; nedovoljna ili pogrešna znanja od ranije; nepoznavanje i/ili nerazumijevanje svojstva na makroskopskoj i mikroskopskoj razini; nepovezivanje makroskopske i mikroskopske razine; teža vizualna percepcija na razini čestica; nepoznavanje terminologije; ne razmišljanje na mikroskopskoj razini.	Kognitivne mogućnosti učenika; kompleksnost gradiva za dob učenika; problemi vizualizacije i izražavanja na čestičnoj razini; nemogućnost izvorne stvarnosti na mikroskopskoj razini; nedovoljno znanje nastavnika; nerazumijevanje koncepta od strane nastavnika; razredna disciplina i atmosfera u razredu (interakcija učenika i nastavnika); nedostatak nastavnih pomagala; materijali neprilagođeni uzrastu učenika; problemi prostorne percepcije.
5.	Prethodna znanja (iz osnovne škole, drugih prirodnih predmeta);	Znanja o čestičnoj građi tvari; nedostatak znanja o terminologiji ili krivo poimanje	Kriva poimanja i znanja o čestičnoj prirodi tvari; nepovezivanje svojstva

	prethodna znanja o građi i svojstvima tvari, ne postoje prethodna znanja koja bi mogla utjecati; prethodna znanja ne utječu.	pojmovi; prethodni susreti s čestičnom razinom i prikazom; grafički prikaz na čestičnoj razini te interpretacija istih; poznavanje čimbenika koji utječu na brzinu kemijskih reakcija.	tvari s njihovom čestičnom strukturom; nerazumijevanje čestične prirode tvari; neiskustvo u čestičnom prikazu (i od strane nastavnika i od strane učenika); izvori informacija koji nisu znanstveno ispravni; učenje unaprijed; nerazumijevanje ili teže razumijevanje koncepta od strane učenika.
6.	Nerazumijevanje osnovnih kemijskih pojmova; prethodna znanja ili znanja srodnih predmeta (bez navođenja koja znanja); zainteresiranost učenika; usmeno pojašnjavanje bez pisanog zapisa; nema ostalih čimbenika.	Prethodna učenička znanja i razumijevanja (specificirano koja); neusvojeni prethodni sadržaji; modeli za prikaz koncepta; dostupnost pribora i kemikalija; nepovezivanje s gradivom od prije; teža predodžba čestične prirode tvari; oblici/način rada nastavnika; prostorna percepcija; struktura razreda.	Pristup obradi koncepta (kreativnost nastavnika); atmosfera i disciplina u razredu; opremljenost kabineta; nedovoljna pripremljenost nastavnika za sat; nerazumijevanje koncepta od strane nastavnika; sposobnost nastavnika da temu približi učenicima; kognitivne sposobnosti učenika; nedostatak IKT; vanjski čimbenici (mediji, roditelji); teže ispravljanje krivih koncepata ukoliko postoje.
7.	Izravno poučavanje; predavanje; metoda rada s tekstom, ali ne programirana; verbalne: usmeno izlaganje nastavnika (predavanje, jednosmjerni razgovor).	Metoda demonstracije (pokusi); vizualne metode: rad s crtežom, primjeri na ploči, upotreba multimedija, vođeni pokusi uz bilježenje opažanja; verbalne: usmeno izlaganje nastavnika uz uključivanje učenika, povezivanje s primjerima.	Metoda razgovora: heurističko poučavanje (rasprava, panel rasprava); metoda rada s tekstom: programirano poučavanje (programirani radni listić, tekst); verbalne metode: razredna rasprava, komentiranje opažanja, propitkivanje, sudjelovanje u diskusiji, glasno razmišljanje, poticanje učenika da govore o temi; vizualne: učenici sami rade pokus, metoda crtanje

			(crtež na čestičnoj razini), upotreba modela, upotreba simulacija/animacija reakcija.
8.	Usmeno i pisano ispitivanje; ispitivanje pred pločom; domaća zadaća; pitati ih je li im jasno.	Primjeri u kojima učenik opisuje/povezuje sustav s čestičnim prikazom; pisanje jednadžbi kemijskih reakcija; rasprava; kviz znanja; zadaci prepoznavanja čestičnog prikaza; rješavanje radnog listića.	Problemski zadaci primjene koncepta tj. prikaz sustava na čestičnoj razini; samostalno pojašnjenje čestičnog prikaza drugim učenicima; zadaci povezivanja opažanja pokusa s prikazom na mikroskopskoj razini i zapis jednadžbe kemijske reakcije; zadaci s čestičnim prikazom (skiciranje); konceptualna pitanja; prikaz Lewisovim strukturama; samostalna izvedba pokusa uz pojašnjenja i prikaz opažanja na više različitih razina.

7. Čestice različitih tvari međusobno se razlikuju.			
Pitanje	1. razina MZ	2. razina MZ	3. razina MZ
1.	Postojanje različitih čestica.	Tvari su građene od čestica koje su međusobno različite.	Čestice različitih tvari međusobno se razlikuju, kao u njihova svojstva; različite čestice uzrok su kemijskih reakcija i različitih tvari.
2.	Čestična građa tvari; osnova kemije; „...nije važno...“.	Razlikovanje tvari i građe tvari; shvaćanje svakodnevnih pojava; razumijevanje čestičnih interakcija.	Predviđanje produkata kemijskih reakcija; primjena na kasnije gradivo; važno za razumijevanje kemije na mikroskopskoj razini; kritičko promatranje; vizualizacija sadržaja na razini čestica.
3.	Vrste čestica; „... moje cijelo akademsko obrazovanje... ništa...“	Periodičnost svojstva (uz pojašnjenja); različita veličina čestica.	Nastanak kemijskih veza; elektronska konfiguracija; vrste interakcija.
4.	Apstraktnost pojma; teža vizualizacija; neusvojenost pojmova potrebnih za razumijevanje koncepta; nezainteresiranost učenika; nema ograničenja.	Nerazumijevanje gradiva od strane učenika; nepoznavanje čestične građe; nedovoljna ili pogrešna znanja od ranije; nepoznavanje i/ili nerazumijevanje svojstva na makroskopskoj i mikroskopskoj razini; nepovezivanje makroskopske i mikroskopske razine; teža vizualna percepcija na razini čestica; nepoznavanje terminologije; ne razmišljanje na mikroskopskoj razini.	Kognitivne mogućnosti učenika; kompleksnost gradiva za dob učenika; problemi vizualizacije i izražavanja na čestičnoj razini; nemogućnost izvorne stvarnosti na mikroskopskoj razini; nedovoljno znanje nastavnika; nerazumijevanje koncepta od strane nastavnika; razredna disciplina i atmosfera u razredu (interakcija učenika i nastavnika); nedostatak nastavnih pomagala; materijali neprilagođeni uzrastu učenika; problemi prostorne percepcije.
5.	Prethodna znanja (iz osnovne škole, drugih prirodnih predmeta); prethodna znanja o građi i svojstvima tvari, ne postoje	Znanja o čestičnoj građi tvari; nedostatak znanja o terminologiji ili krivo poimanje pojmova; prethodni susreti s	Kriva poimanja i znanja o čestičnoj prirodi tvari; nepovezivanje svojstva tvari s njihovom čestičnom strukturom; nerazumijevanje

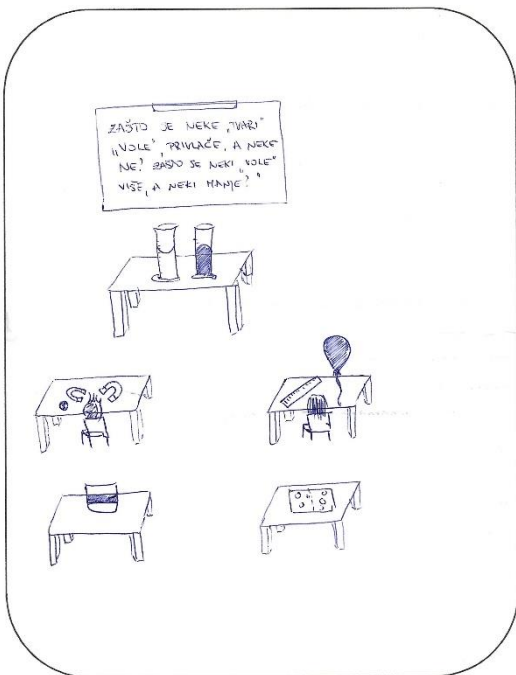
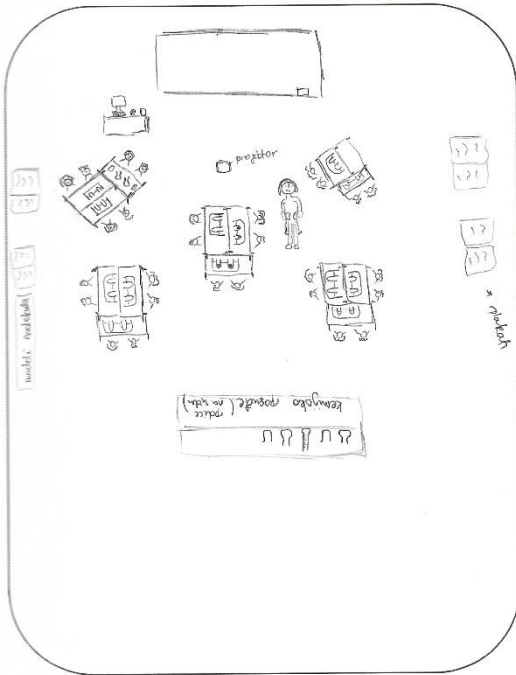
	prethodna znanja koja bi mogla utjecati; prethodna znanja ne utječu.	čestičnom razinom i prikazom; grafički prikaz na čestičnoj razini te interpretacija istih; poznavanje čimbenika koji utječu na brzinu kemijskih reakcija.	čestične prirode tvari; neiskustvo u čestičnom prikazu (i od strane nastavnika i od strane učenika); izvori informacija koji nisu znanstveno ispravni; učenje unaprijed; nerazumijevanje ili teže razumijevanje koncepta od strane učenika.
6.	Nerazumijevanje osnovnih kemijskih pojmova; prethodna znanja ili znanja srodnih predmeta (bez navođenja koja znanja); zainteresiranost učenika; usmeno pojašnjavanje bez pisanog zapisa; nema ostalih čimbenika.	Prethodna učenička znanja i razumijevanja (specificirano koja); neusvojeni prethodni sadržaji; modeli za prikaz koncepta; dostupnost pribora i kemikalija; nepovezivanje s gradivom od prije; teža predodžba čestične prirode tvari; oblici/način rada nastavnika; prostorna percepcija; struktura razreda.	Pristup obradi koncepta (kreativnost nastavnika); atmosfera i disciplina u razredu; opremljenost kabineta; nedovoljna pripremljenost nastavnika za sat; nerazumijevanje koncepta od strane nastavnika; sposobnost nastavnika da temu približi učenicima; kognitivne sposobnosti učenika; nedostatak IKT; vanjski čimbenici (mediji, roditelji); teže ispravljanje krivih koncepta ukoliko postoje.
7.	Izravno poučavanje; predavanje; metoda rada s tekstom, ali ne programirana; verbalne: usmeno izlaganje nastavnika (predavanje, jednosmjerni razgovor).	Metoda demonstracije (pokus); vizualne metode: rad s crtežom, primjeri na ploči, upotreba multimedija, vođeni pokus uz bilježenje opažanja; verbalne: usmeno izlaganje nastavnika uz uključivanje učenika, povezivanje s primjerima.	Metoda razgovora: heurističko poučavanje (rasprava, panel rasprava); metoda rada s tekstom: programirano poučavanje (programirani radni listić, tekst); verbalne metode: razredna rasprava, komentiranje opažanja, propitkivanje, sudjelovanje u diskusiji, glasno razmišljanje, poticanje učenika da govore o temi; vizualne: učenici sami rade pokus, metoda crtanje (crtež na čestičnoj razini), upotreba modela, upotreba

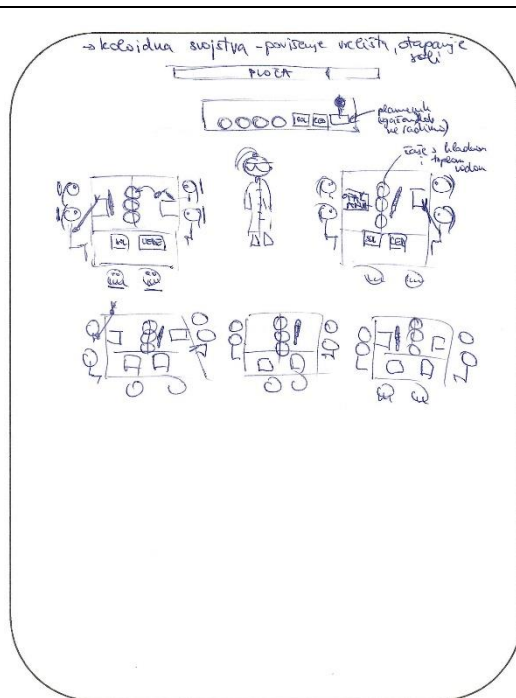
			simulacija/animacija reakcija.
8.	Usmeno i pisano ispitivanje; ispitivanje pred pločom; domaća zadaća; pitati ih je li im jasno.	Primjeri u kojima učenik opisuje/povezuje sustav s čestičnim prikazom; pisanje jednadžbi kemijskih reakcija; rasprava; kviz znanja; zadaci prepoznavanja čestičnog prikaza; rješavanje radnog listića.	Problemski zadaci primjene koncepta tj. prikaz sustava na čestičnoj razini; samostalno pojašnjenje čestičnog prikaza drugim učenicima; zadaci povezivanja opažanja pokusa s prikazom na mikroskopskoj razini i zapis jednadžbe kemijske reakcije; zadaci s čestičnim prikazom (skiciranje); konceptualna pitanja; prikaz Lewisovim strukturama; samostalna izvedba pokusa uz pojašnjenja i prikaz opažanja na više različitih razina.

Prilog 4. Crteži ispitanika

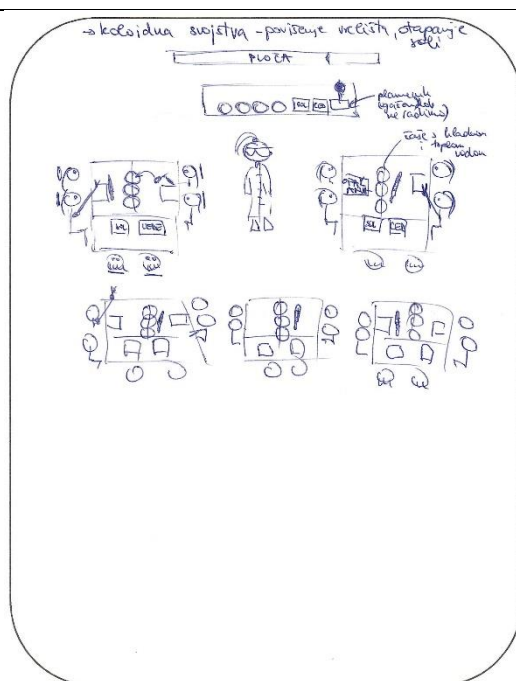
U Prilogu 4. dani su neki od primjera crteža DASTT-C dijela upitnika. Crteži su podijeljeni po fazama istraživanja te je uz svaki dana kombinacija brojeva koja predstavlja šifru za detekciju uvjerenja (Prilog 2). (Kodovi su redom: Uvjerenja o organizaciji nastave, Uvjerenja o ciljevima nastave, Uvjerenja o učenju).

Tablica 25. Primjeri DASTT-C uz kombinaciju šifri

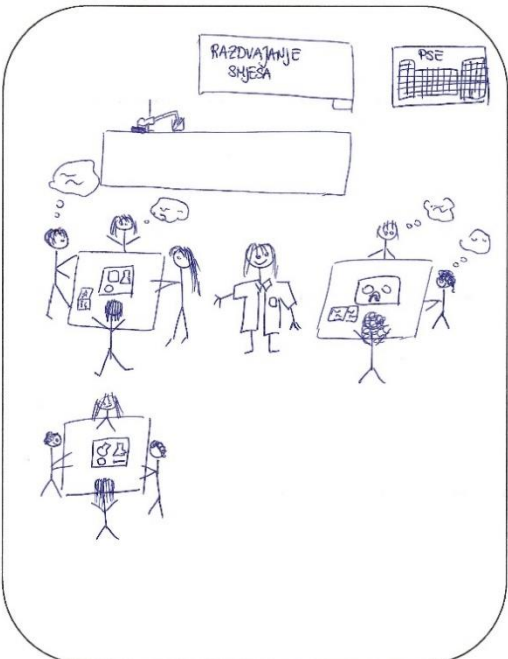
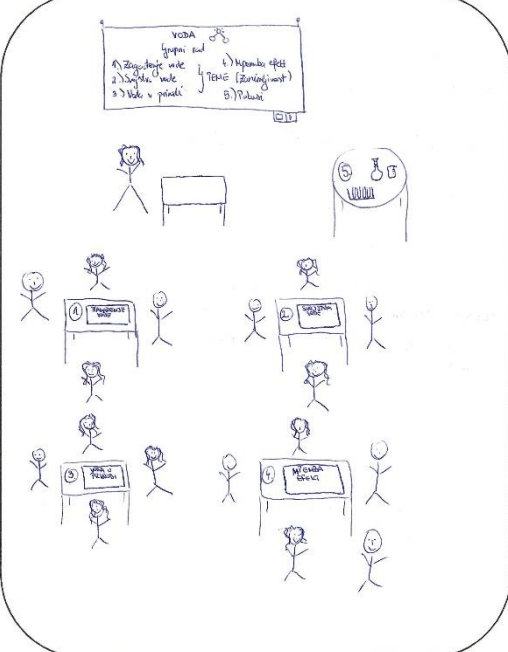
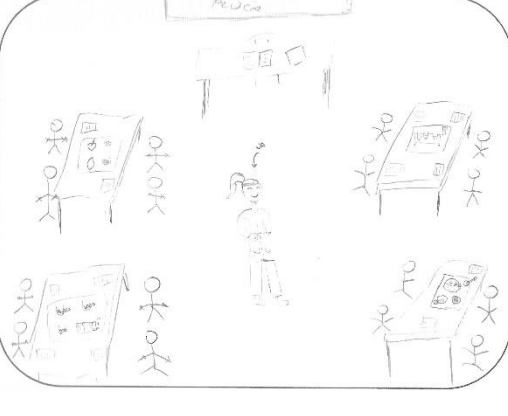
Primjer crteža	Šifra
Prva faza istraživanja	
	1,1,1
	1,1,0

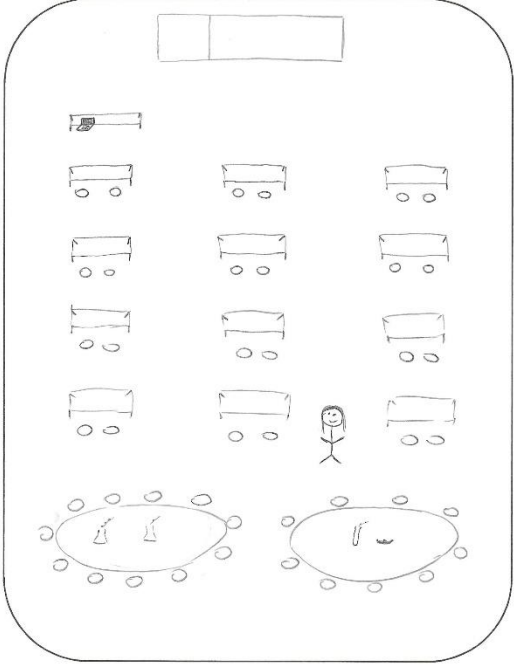
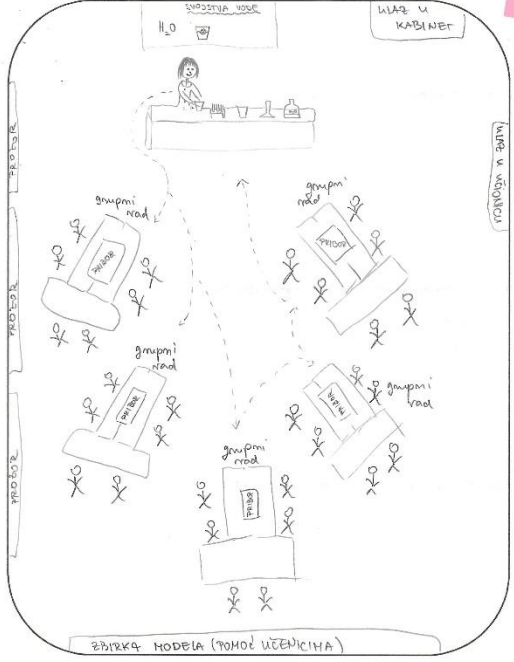


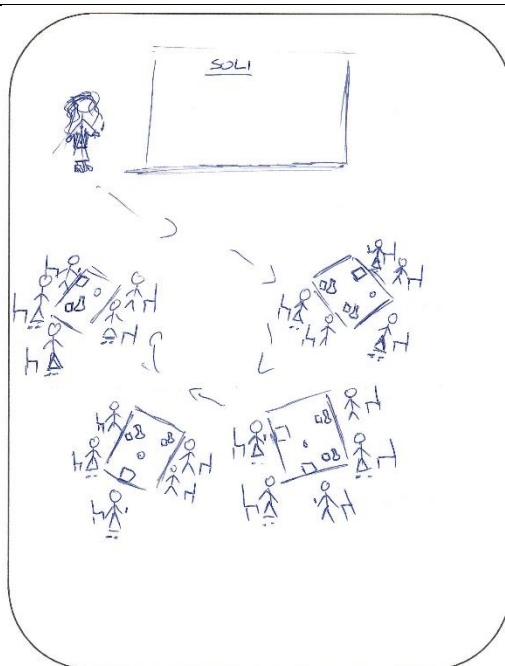
1,1,0



1,1,0

	1,0,1
	1,0,1
	1,0,0

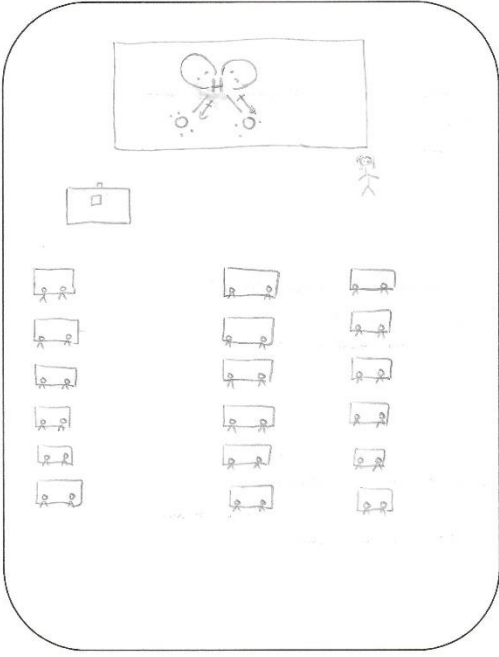
	1,0,0
	0,0,0



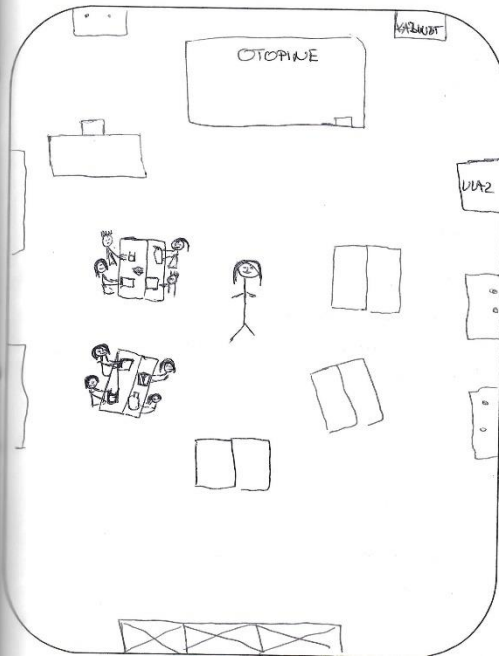
0,-1,0

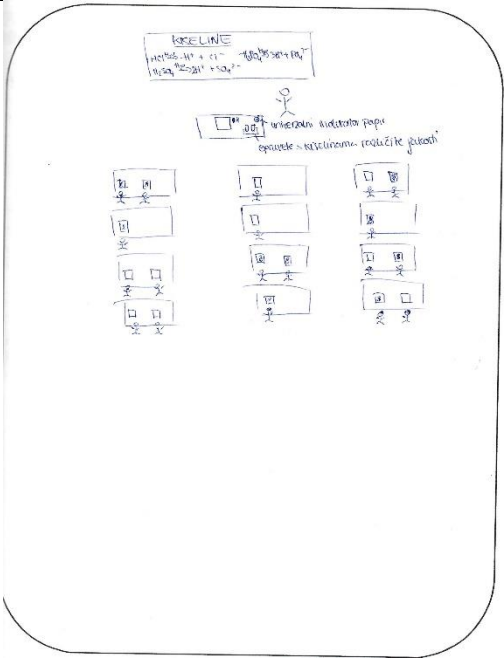
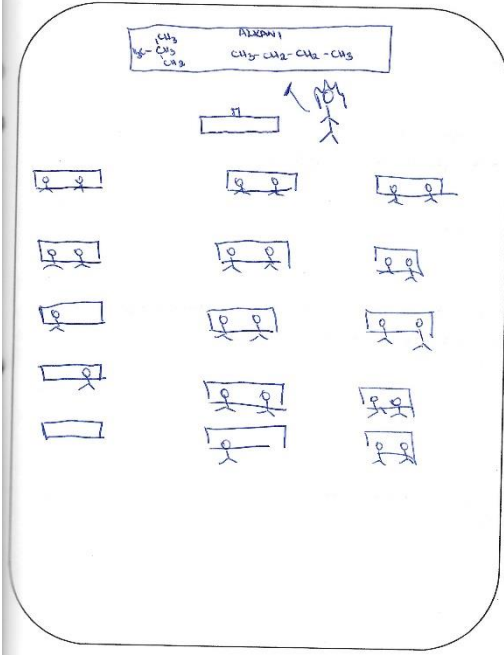


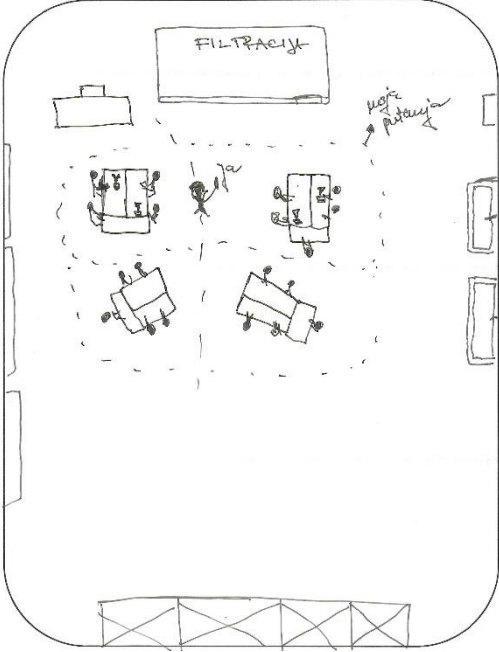
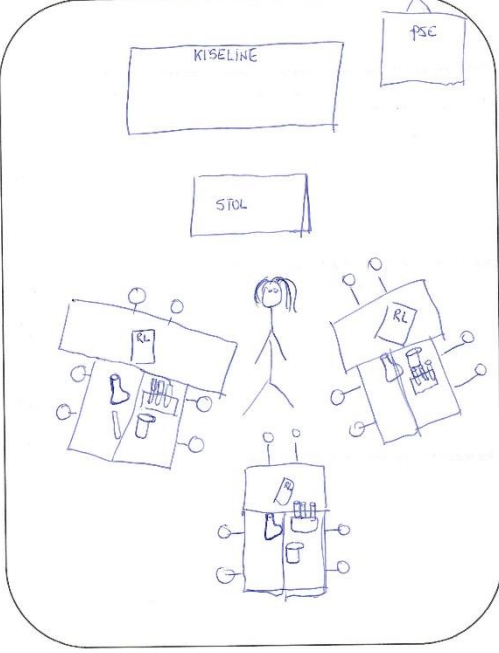
-2,-2,-2

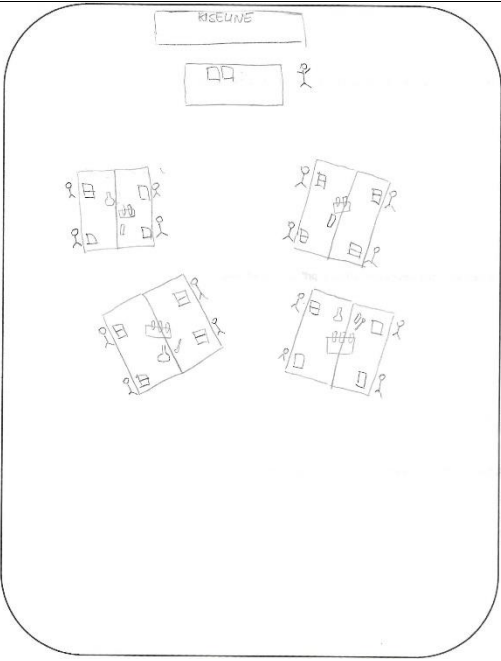
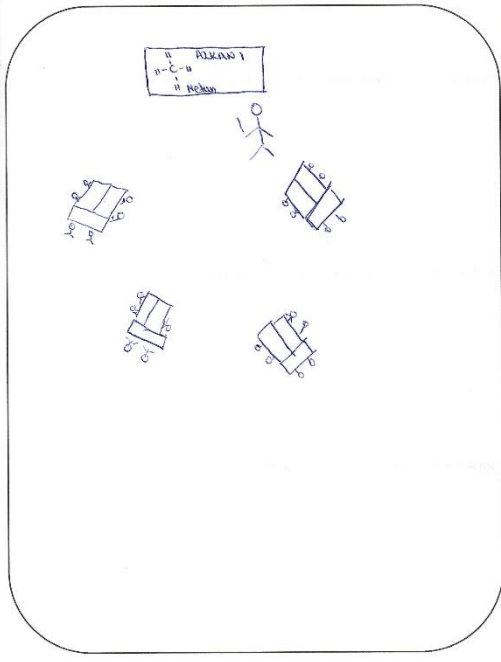
	-2,-2,-2
---	-----------------

Druga faza istraživanja

	-1,0,-1
--	----------------

	-2,-1,-2
	-1,-2,-2
Treća faza istraživanja	

	1,1,0
	-1,-1,0

 The diagram shows a game board with a title 'HSEUNE' at the top. Below the title is a small box containing two squares and a stick figure. The main area of the board contains four square tiles, each divided into four quadrants. The tiles are arranged in a 2x2 grid. Each tile has various symbols and numbers in its quadrants, including circles, squares, and lines. A stick figure is also present near the top right of the board.	-1,-1,-1
 The diagram shows a game board with a title 'PILKAW 1' at the top. Below the title is a small box containing the text 'H-C-H' and 'H HOKON'. The main area of the board contains four square tiles, each divided into four quadrants. The tiles are arranged in a 2x2 grid. Each tile has various symbols and numbers in its quadrants, including circles, squares, and lines. A stick figure is also present near the top right of the board.	-1,-2,-1

9. ŽIVOTOPIS

Lana Šojat rođena je 27. prosinca 1989. u Brežicama (Republika Slovenija). Nakon završenog općeg smjera Gimnazije Josipa Slavenskog u Čakovcu upisuje studij kemije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu. Tijekom studija dobiva dvije Rektorove nagrade (2011. za projekt popularizacije znanosti među predškolskom djecom *Znanstvene čarolije*, 2013. za sudjelovanje u organizaciji i provedbi *Otvorenog dana Kemijskog odsjeka*), Dekanovu nagradu za uspjeh tijekom diplomskog nastavnčkog studija (2013.) te Medalju Kemijskog odsjeka za izvrstan uspjeh tijekom studija (2013.). Studij završava 2013. godine stekavši titulu magistra edukacije kemije.

Po završetku studija zapošljava se u OŠ Remete u Zagrebu (2013.-2015.). Od 2015. do danas radi kao profesorica kemije u VII. gimnaziji u Zagrebu te je od 2021. godine u zvanju profesor mentor. Za školsku godinu 2019./20. nagrađena je nagradom Ministarstva znanosti i obrazovanja za doprinos razvoju kvalitete odgojno-obrazovnog sustava Republike Hrvatske. Članica je Županijskog povjerenstva za natjecanje iz kemije. Sudjeluje kao mentor na Državnom natjecanju iz kemije, posebice u kategoriji Samostalni istraživački radovi.

Autorica je udžbenika i zbirke zadataka za srednju školu te video lekcija u sklopu projekta MZO *i-Nastava*. Redovito sudjeluje usmenim izlaganjima na Županijskim stručnim vijećima za učitelje i nastavnike kemije dijeleći primjere dobre prakse (Grad Zagreb, Međimurska i Varaždinska županija).

Aktivno se služi engleskim (C1), slovenskim (B2), njemačkim (A2) i talijanskim jezikom (A2). Članica je Hrvatskog kemijskog društva (od 2010.) i Američkog kemijskog društva (od 2016.). Interesna područja su obrazovna istraživanja s naglaskom na uvjerenja i metodičko znanje te popularizacija znanosti i predškolska pedagogija i znanost.

U nastavku su dane publikacije te izlaganja na državnim skupovima i međunarodnim konferencijama.

PUBLIKACIJE

1. **Sojat, L.**, Markic, S. (2022). Starting the Educational Reform from the Beginning: Croatian Pre-Service Chemistry Teachers' Level of Pedagogical Content Knowledge on Particle Theory. *Education Sciences*. 12(12): 907. <https://doi.org/10.3390/educsci12120907>
2. **Sojat, L.** (2020). Initial Beliefs of Preservice Chemistry Teachers in Croatia. *CEPS Journal*, 10(1), 37-57. <https://doi.org/10.26529/cepsj.730>
3. Begović, T., Luetić, M., Ruić Funčić, R., Rupčić Petelinc, S., **Šarić, L.**, Turčinović, D. (2019). Kemija 2 – udžbenik za 2.razred gimnazije. Školska knjiga, Zagreb.
4. Planinić, I., Ruić Funčić, R., **Šarić, L.** (2018). Kemija 1 – zbirka zadataka za 1. razred gimnazije. Školska knjiga, Zagreb.
5. **Saric, L.**, Markic, S. (2017). Beliefs about teaching and learning of Chemistry Student Teachers in Croatia in *Research, Practice and Collaboration in Science Education* (Proceedings of ESERA 2017) ISBN 978-1-873769-84-3
6. **Saric, L.** (2016). „Kitchen Chemistry“ in Croatian kindergartens and primary schools, *Science Education Research and Practical Work*, Aachen, Germany.
7. **Saric, L.** , Varga, M. (2016). Integrirana projektna terenska nastava na obroncima Medvednice, *Educ. Biol*, 2: 132-138.
8. **Saric, L.** (2016.) „Rainbow in the test tube“, *C&EN*: 94(7).
9. **Saric, L.**, Markic, S. (2015). Educational Theories and How students learn chemistry: Practice what you Preach. In *Pre-service Training for Chemistry Teachers: A Guidebook of Good Practice*, Krakow, Poland.

DRŽAVNI SKUPOVI I MEĐUNARODNE KONFERENCIJE

1. Šojat, L. (2021): *Odabir IT alata pri ostvarivanju ciljeva nastave kemije* - usmeno priopćenje na državnom skupu Primjena IT alata u nastavi kemije; online
2. Šarić, L. (2018.): *STEM u Sedmoj* – usmeno priopćenje na međunarodnom skupu 4. Hrvatska konferencija o kemijskom obrazovanju; Split, Hrvatska.
3. Šarić, L. (2017.) *Beliefs about teaching and learning of Chemistry Student Teachers in Croatia* – usmeno priopćenje na međunarodnoj konferenciji European science education research association (ESERA); Dublin, Irska.
4. Šarić, L. (2017.) *Croatian pre-service teachers' beliefs about teaching and learning chemistry* – usmeno priopćenje na međunarodnoj konferenciji EuroVariety; Beograd, Srbija.
5. Šarić, L. (2016.). „*Kitchen Chemistry*“ in *Croatian Kindergarten and Primary Schools* - postersko priopćenje na međunarodnoj konferenciji 23rd Symposium on Chemistry and Science Education; Dortmund, Njemačka.
6. Šarić, L. (2016): *Uvjerenja o učenju i poučavanju budućih nastavnika kemije u Hrvatskoj* - usmeno priopćenje na međunarodnom skupu 3. Hrvatska konferencija o kemijskom obrazovanju; Split, Hrvatska.
7. Šarić, L., Varga, M. (2015). *Integrirana projektna terenska nastava na obroncima Medvednice* – usmeno priopćenje na 2. Simpoziju edukacije biologije u sklopu 12. Hrvatskog kongresa biologa s međunarodnim sudjelovanjem; Sv. Martin na Muri, Hrvatska.
8. Šarić, L., Varga, M. (2015). *Integrirana nastava na jezerima parka Maksimira* – usmeno izlaganje na 24. Skupu kemičara i kemijskih inženjera; Zagreb, Hrvatska.
9. Šarić, L., Preočanin, T., Tomišić, V. (2012): *Kemijski sat na satu kemije* - usmeno priopćenje na međunarodnom skupu 2. Hrvatska konferencija o kemijskom obrazovanju; Split, Hrvatska.
10. Šarić, L. (2012): *Kitchen Chemistry* – usmeno izlaganje na 10th International Student Conference on Project Based Education in Chemistry and Related Fields; Prag, Češka.
11. Šarić, L., Cinčić, D. (2012) *Mehanokemijska priprava višekomponentnih krutina: struktura i svojstva kokristala aminofenola* – postersko priopćenje na IX. Susretu mladih kemičara i kemijskih inženjera; Zagreb, Hrvatska.