

Istraživanje znanstvenog načina razmišljanja i logičkog zaključivanja kod studenata

Menegoni, Karla

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:802835>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-22**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
MATEMATIČKI ODSJEK**

Karla Menegoni

**ISTRAŽIVANJE ZNANSTVENOG
NAČINA RAZMIŠLJANJA I
LOGIČKOG ZAKLJUČIVANJA
KOD STUDENATA**

Diplomski rad

Zagreb, srpanj, 2018.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
MATEMATIČKI ODSJEK**

Karla Menegoni

**ISTRAŽIVANJE ZNANSTVENOG
NAČINA RAZMIŠLJANJA I
LOGIČKOG ZAKLJUČIVANJA
KOD STUDENATA**

Diplomski rad

Voditelj rada:
dr.sc. Ana Sušac

Zagreb, srpanj, 2018.

Ovaj diplomski rad obranjen je dana _____ pred ispitnim povjerenstvom u sastavu:

1. _____, predsjednik

2. _____, član

3. _____, član

Povjerenstvo je rad ocijenilo ocjenom _____ .

Potpisi članova povjerenstva:

1. _____

2. _____

3. _____

Veliko hvala mojoj mentorici, dr.sc. Ani Sušac, na uloženom trudu i savjetima pri izradi ovog diplomskog rada.

Također, zahvaljujem se svim svojim kolegama, prijateljima i partneru, koji su uvijek bili uz mene i bez kojih ovaj tijek mog studiranja ne bi bio ovako lagan i zabavan.

I na kraju, najveću zaslugu za ono što sam postigla pripisujem svojoj obitelji, osobito mojim roditeljima bez čije podrške, ljubavi i odricanja sve što sam postigla ne bi bilo moguće.

Sadržaj

Uvod	1
1. Prijašnja istraživanja	3
2. Metode	8
2.1. Ispitanici i testiranje.....	8
2.2. Konstrukcija testa	8
2.3. Obrada podataka	9
3. Rezultati i diskusija.....	11
3.1. Lawsonov test – ukupni rezultati.....	11
3.2. Usporedba s prijašnjim rezultatima	16
3.3. Lawsonov test - analiza po zadacima	23
3.4. Dodatni zadatci - ukupni rezultati	41
3.5. Dodatni zadatci - analiza po pojedinim zadacima	43
Zaključak.....	58
Literatura	60
Sažetak	61
Summary	62
Životopis.....	63

Uvod

Razvijanje sposobnosti znanstvenog načina razmišljanja i logičkog zaključivanja ključno je za studente iz STEM (*science, technology, engineering, mathematics*) područja, ali važno je i za studente iz drugih područja jer ih priprema za život i rad u modernom društvu u kojemu prirodne znanosti i tehnologija imaju sve važniju ulogu. Upravo važnost znanstvenog načina razmišljanja bila je motivacija za pisanje ovog diplomskog rada. Cilj ovog diplomskog rada je ispitati koliko studenti prve godine tehničkog fakulteta imaju razvijenu sposobnost znanstvenog načina razmišljanja i logičkog zaključivanja, tj. koliko su je razvili tijekom osnovnoškolskog i srednjoškolskog obrazovanja. Znanstveno zaključivanje podrazumijeva sljedeće kognitivne sposobnosti: kontrolu varijabli, hipotetsko-deduktivno zaključivanje, proporcionalno razmišljanje, korelacijsko zaključivanje, probabilističko zaključivanje te zaključivanje u kojem se primjenjuju zakoni očuvanja.

Kontrolirati varijablu zapravo znači osigurati da ona nije podložna promjenama tijekom pokusa ili zaključivanja. U tu svrhu prvo je potrebno odrediti koja varijabla (npr. neka fizikalna veličina) je nezavisna, tj. ona varijabla koju u pokusu mijenjamo, a koja je zavisna, tj. ona čiju ovisnost o nezavisnoj varijabli ispituje. U svemu tome javlja se i treća varijabla, ona koja je kontrolirana i koja je tijekom pokusa stalna. Tih varijabli može biti i više. Hipotetsko-deduktivno zaključivanje je osnovni oblik zaključivanja u znanosti. Ono služi za testiranje hipoteza i ono je oblika „ako..i..onda...(ali)...stoga“. Prvo se postavlja hipoteza te nakon toga provodi planirani test. Ako se predviđeni rezultati pojave, hipoteza je potvrđena, ali ako ne dođe do predviđenih rezultata mora se odbaciti početna hipoteza. Bitno je naglasiti da planiranje i provođenje testa često uključuje druge načine zaključivanja, kao što je kontrola varijabli. Ovaj oblik znanstvenog zaključivanja smatra se najtežim i potrebno je puno vremena i uloženog truda za razvijanje ove vještine. Proporcionalno zaključivanje odnosi se na proučavanje proporcionalnih veličina. Proporcionalne veličine su one veličine koje ovise jedna o drugoj na način da koliko se puta poveća ili smanji jedna veličina, toliko se puta poveća ili smanji i druga veličina. Proporcionalno zaključivanje uključuje i zaključivanje na temelju obrnute proporcionalnosti. Korelacijsko zaključivanje podrazumijeva uočavanje i procjenjivanje do koje mjere su dvije varijable u korelaciji, a probabilističko zaključivanje je zaključivanje koje uključuje vjerojatnost. Pod probabilističkim zaključivanjem podrazumijevamo i kombinatorno zaključivanje u kojem je potrebno izvesti sve moguće kombinacije danih objekata.

Sposobnost znanstvenog zaključivanja razvija se vježbom i može se prenijeti s jedne osobe na drugu. Također, može se i mjeriti pomoću raznih testova, a jedan od najpoznatijih je Lawsonov test (LCTSR *Lawson's Classroom Test of Scientific Reasoning*) koji je korišten i u ovom istraživanju.

U ovom diplomskom radu opisuje se istraživanje provedeno u dva navrata; prvo testiranje održano je 2017. godine, a drugo 2018. godine. Oba testiranja provedena su na studentima prve godine Fakulteta elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu.

Ovaj diplomski rad sastoji se od četiri poglavlja. Prvo poglavlje je „Pregled prijašnjih istraživanja“. U tom poglavlju daje se kratki pregled testova koji mjere znanstveno zaključivanje kod učenika i studenata. Podrobnije su opisana istraživanja u kojima je korišten Lawsonov test na američkim i kineskim studentima. Ukratko su opisani ispitanici, istraživanja te njihovi rezultati. Drugo poglavlje je „Metode“ u kojem se opisuje Lawsonov test i način na koji su konstruirani dodatni zadatci koje su rješavali studenti na drugom testiranju. Također se uklatko opisuju studenti koji su sudjelovali u istraživanju te način na koji su rezultati testova obrađivani. Treće poglavlje pod nazivom „Rezultati i diskusija“ sastoji se od nekoliko dijelova. U prvom dijelu uspoređuju se rezultati Lawsonovog testa u dvije generacije studenata te se ti rezultati ujedinjuju za daljnju analizu. Nakon obrade zajedničkih podataka rezultati se uspoređuju s rezultatima prijašnjih istraživanja. Sljedeći dio je detaljnija obrada Lawsonovog testa tako da se svaki zadatak zasebno analizira. Na samom kraju trećeg poglavlja obrađuju se rezultati dodatnih zadataka koje su rješavali samo studenti koji su testirani u 2018. godini. Također je napravljena detaljna analiza rezultata na pojedinim dodatnim zadacima. Zadnje poglavlje je „Zaključak“ u kojem se daje kratki pregled najvažnijih rezultata ovog diplomskog rada te se navode implikacije na nastavu matematike i prirodoslovnih predmeta, posebno fizike.

1. Prijašnja istraživanja

Znanost je hipotetsko-deduktivna po prirodi budući da je to način na koji mozak procesira informacije bile one iz svakodnevnog života ili kompliciranije znanstvene hipoteze. Pri znanstvenom razmišljanju i zaključivanju potrebno je problemu pristupiti sistematično, postaviti i testirati hipotezu, kontrolirati varijable i analizirati podatke te evaluirati rezultate eksperimenata.

Kognicija je skup viših mentalnih procesa pomoću kojih ljudi nastoje shvatiti svijet oko sebe. Prema Piagetu kognitivni razvoj djeteta odvija se kroz nekoliko stadija: stadij psihomotoričkog razvoja (0–2 godine), predoperacijski stadij (2–7 godina), stadij razvoja konkretnih operacija (7–11 godina) i stadij razvoja formalnih operacija (od 11 godine nadalje). U obrazovanju su posebno važni stadiji konkretnih i formalnih operacija. Konkretni mislioci razumiju pojmove i jednostavne pretpostavke koje se odnose na poznate objekte i procese. Učenici koji su konkretni mislioci primjenjuju jednostavne zakone očuvanje te razvrstavaju konkretne objekte na temelju nekih svojstava. Stadij formalnih operacija uključuje apstraktno razmišljanje, proporcionalno zaključivanje, identificiranje relevantnih varijabli i kontrolu varijabli, formuliranje i testiranje hipoteza, uporabu logike, kombinatorno i probabilističko zaključivanje te korelacijsko zaključivanje. Kognitivni razvoj je zapravo razvoj mentalnih struktura ([1], str. 223–273). Određene mentalne strukture su urođene i omogućavaju djetetu interakciju s okolinom, dok se ostale mentalne strukture razvijaju pod utjecajem iskustva, interakcije i dozrijevanja.

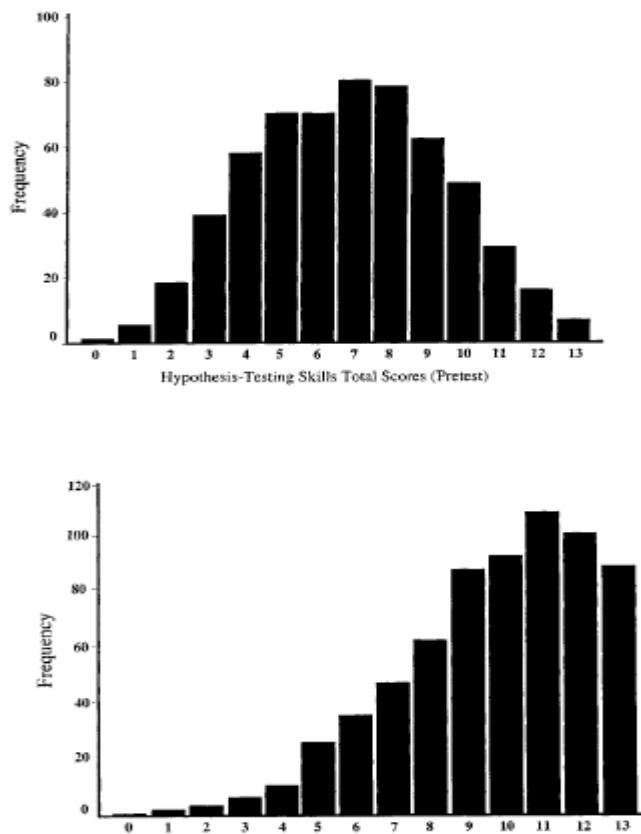
Neke zemlje postavile su za jedan od glavnih ciljeva školstva razvoj sposobnosti znanstvenog zaključivanja kod učenika što pokušavaju postići ponajviše kroz poučavanje fizike, kemije i matematike. U svrhu mjerenja sposobnosti znanstvenog zaključivanja kod učenika, potrebno je razviti odgovarajuće testove. Do sada je konstruirano 38 testova koji za cilj imaju procijeniti koliko je razvijeno znanstveno razmišljanje i logičko zaključivanje učenika i studenata [2]. Od toga je jedanaest testova sastavljeno od 1973. godine do 1989. godine, a 27 testova je sastavljeno od 2002. godine do 2013. godine. Od toga su 22 testa namijenjena učenicima srednjih škola, 14 testova studentima i 12 testova učenicima osnovnih škola. Neki testovi mogu biti primijenjeni i na studentima i na učenicima različite dobi. Pomoću tih testova provedena su brojna istraživanja u svijetu, ali nijedno testiranje te vrste nije provedeno u Republici Hrvatskoj.

Prvo značajno istraživanje znanstvenog zaključivanja provedeno je 1978. godine i za zadaću je imalo konstruirati i testirati test koji bi: mjerio konkretne i formalne operacije, mogao se primijeniti u srednjim školama i na fakultetima, lako se ocjenjivao, sastojao se od zadataka koji uključuju svakodnevni kontekst vezan uz prirodoslovne teme, mogao se riješiti sa što manje čitanja i pisanja te uključivao veći broj zadataka u kojima se pojavljuju različiti problemi [3]. Kako su se do tada uglavnom provodila samo usmena ispitivanja i testiranja u ovom području, konstrukcija ovog testa bila je od iznimne važnosti. Test se sastojao od 15 zadataka koji su ispitivali kontrolu varijabli, kombinatorno zaključivanje, probabilističko zaključivanje te proporcionalno zaključivanje. Na testiranju je sudjelovalo 513 učenika od kojih je bilo 145 učenika osmog razreda (u rasponu dobi od 13 do 15 godina), 192 učenika devetog razreda (u rasponu dobi od 13 do 17 godina) i 175 učenika desetog razreda (u rasponu dobi od 15 do 18 godina). Kako bi se procijenilo je li test valjan od 513 učenika nasumično je odabrano 75 učenika koji su sudjelovali u standardnom usmenom testiranju dok su ostali učenici pisali test koji je trajao između 75 i 100 minuta. Ukupan broj bodova koje su učenici mogli ostvariti iznosio je 15 bodova. Distribucija rezultata bila je približna normalnoj raspodjeli sa srednjom vrijednosti od 7.4 boda i standardnom devijacijom od 4.3 boda. Postotak točnih odgovora bio je u rasponu od 23% do 83%. Ovim istraživanjem potvrđeno je da je konstruirani test efikasan i valjan [3].

Tijekom sljedećih godina u istraživanjima se često koristio taj test znanstvenog zaključivanja kojeg je razvio Lawson i koji se skraćeno zove Lawsonov test. Pokazala se potreba za uključivanjem zadataka koji ispituju hipotetsko-deduktivno zaključivanje. Prvobitni test je modificiran, dodana su dva nova zadatka i dobivena je nova verzija Lawsonovog testa koja je korištena u ovom diplomskom radu [4]. Testiranje pomoću te nove verzije Lawsonovog testa provedeno je na uzorku od 667 studenata koji nisu studirali u STEM području, u sklopu kolegija „*The Living World*“ u jesen 1997. godine.

Rezultati testa iskorišteni su kako bi se studente razvrstalo u četiri različite razine koje govore koliko je student sposoban postaviti i testirati hipotezu. Razina 0 uključuje studente koji nisu u stanju testirati hipotezu na temelju svojstava koja se mogu opaziti, Niska razina 1 uključuje studente koji ne mogu u svakoj situaciji testirati hipotezu na temelju svojstava koja se mogu opaziti, Visoka razina 1 uključuje studente koji u svakoj situaciji mogu testirati hipotezu na temelju svojstava koja se mogu opaziti te Razina 2 uključuje studente koji su u stanju testirati hipotezu koja uključuje svojstva koja se ne mogu opaziti. Testiranje je izvršeno i na početku i na kraju kolegija te se na taj način izmjerio napredak studenata, a što je još bitnije,

moglo se uočiti da li je novi način predavanja poboljšao način razmišljanja i zaključivanja studenata. U oba testa studenti su trebali odgovoriti na pitanje (tj. označiti točan odgovor) te navesti i obrazloženje odgovora. Ako su i odgovor i traženo obrazloženje bili točni, tek tada bi student dobio 1 bod. Ako je student postigao 0–3 boda, svrstan je u razinu 0. Za postignutih 4–6 bodova, student je svrstan u Nisku razinu 1. Za postignutih 7–10 bodova student je svrstan u Visoku razinu 1, te za 11–13 bodova, student je svrstan u Razinu 2. Rezultati ulaznog i izlaznog testa prikazani su na Slici 1.1. Sa Slike 1.1 uočava se kako je na ulaznom testu većina studenata svrstana u Nisku razinu 1 i Visoku razinu 1, dok je najmanji postotak studenata svrstan u Razinu 2. Na izlaznom testu rezultati su se znatno poboljšali, postotak studenata na Razini 0 se znatno smanjio, a većina studenata svrstana je u Visoku razinu 1 i Razinu 2. Zaključeno je da je kolegij bio koristan jer je uočen veliki napredak u znanstvenom zaključivanju studenata [4].



Slika 1.1: Rezultati ulaznog i izlaznog testa u istraživanju [4]

U ovom diplomskom radu uspoređuju se dobiveni rezultati s tri prijašnja istraživanja koja su provedena u Kini i SAD-u. Cilj istraživanja koje su proveli Bao i suradnici bio je usporediti utjecaj dvaju različitih obrazovnih sustava (kineskog i američkog) na razvoj logičkog razmišljanja i znanstvenog zaključivanja [5]. Istraživanje je provedeno na 5760 studenata tehničkih i prirodoslovnih smjerova s četiri sveučilišta u SAD-u i tri sveučilišta u Kini. Svih

sedam sveučilišta odabrano je tako da nisu ni među najbolje ni među najgore rangiranim sveučilištima. Testiranje je provedeno na početku sveučilišnog studija pomoću Lawsonovog testa (LCTSR) te su rezultati testiranja pokazali da je distribucija studenata u SAD-u i Kini gotovo identična. Ovo istraživanje je pokazalo da vrlo različiti obrazovni sustavi Kine i SAD-a nemaju za posljedicu veliku razliku u razvijanju znanstvenog razmišljanja i logičkog zaključivanja učenika. Autori su zaključili da bi nastavnici, kako bi pomogli učenicima i studentima u razvijanju ovih sposobnosti, trebali provoditi što je više moguće istraživački usmjerenu nastavu [5].

Sljedeće istraživanje s kojim se uspoređuju rezultati istraživanja dobiveni u ovom diplomskom radu proveli su Moore i Rubbo [6]. Cilj tog istraživanja bio je odrediti u kojoj mjeri opći obrazovni sustav razvija znanstveno razmišljanje i logičko zaključivanje učenika te s kojim aspektima znanstvenog zaključivanja studenti koji pohađaju studije koji nisu vezani uz STEM područja imaju najviše poteškoća. Autori su koristili Lawsonov test na studentima koji su slušali kolegij „Astronomija“ ili kolegij „Konceptualna fizika“. Testirano je 109 studenata koji su imali srednju vrijednost postotka riješenosti testa 54%. Na temelju ostvarenih rezultata na Lawsonovom testu, studenti su razvrstani u tri razine, nulta razina su studenti koji su konkretni mislioci, prva razina su studenti koji se nalaze u prijelaznom stadiju između konkretnih i formalnih mislioca, a prva visoka razina su formalni mislioci. Studenti koji su ostvarili manje od 25% svrstani su u nultu razinu, studenti koji su ostvarili između 25% i 58% svrstani su u prvu razinu, a studenti koji su ostvarili iznad 58% svrstani su u višu prvu razinu. Čak 56% studenata svrstano je u prvu razinu, otprilike 18% studenata spada u nultu razinu, a 25% u prvu višu razinu. Autori su željeli istražiti pojedine vrste znanstvenog razmišljanja i zaključivanja, pa su u tu svrhu pitanja razvrstali u šest kategorija: zakoni očuvanja, proporcionalno razmišljanje, kontrola varijabli, probabilističko zaključivanje, korelacijsko zaključivanje i hipotetsko-deduktivno zaključivanje. Analizom podataka odredili su koliki je postotak studenata točno odgovorio na pitanja iz svake kategorije te su zaključili da studenti imaju najviše poteškoća s proporcionalnim razmišljanjem, izoliranjem relevantnih varijabli i kontrolom varijabli te hipotetsko-deduktivnim zaključivanjem [6].

U nastavku svog istraživanja iz 2012. godini [6], Moore i Rubbo napisali su novi članak [7] u kojem su usporedili svoje rezultate s rezultatima istraživanja koje su proveli Bao i suradnici [5]. Bao je proveo istraživanje na 5760 studenata prve godine inženjerskih i znanstvenih smjerova čija je srednja vrijednost postotka riješenosti testa iznosila 74%. Moore je u suradnji s Rubboom proveo istraživanje na 109 studenata koji nisu pohađali studij iz STEM

područja te je njihova srednja vrijednost postotka riješenosti testa bila znatno niža, odnosno 54% [6]. Kao što je navedeno u prijašnjim odlomcima, oba istraživanja koristila su Lawsonov test. Rezultat usporedbe ova dva istraživanja je zaključak da većina studenata koji ne pohađaju studij iz STEM područja spada u konkretne mislioce ili spadaju u prijelazno razdoblje između konkretnih i formalni mislioca, dok se studenti koji pohađaju neko od STEM područja najčešće svrstavaju u formalne mislioce [7].

Treće istraživanje s kojim se uspoređuju rezultati istraživanja u ovom diplomskom radu je istraživanje koje su proveli Ding i suradnici [8]. Cilj istraživanja bio je provjeriti napredak u znanstvenom zaključivanju tijekom obrazovanja studenata različitih studija i različitih sveučilišta. U tu svrhu testirano je 1637 studenata na prvoj, drugoj, trećoj i četvrtoj godini studija s tri različita usmjerenja: studiji prirodoslovnih predmeta (fizika i kemija), inženjerski studiji i nastavnički studiji prirodoslovnih predmeta. Istraživanje je provedeno na 5 sveučilišta od kojih su dva među 30 najboljih sveučilišta u Kini (*Tier 1*), a tri između 100 i 150 najboljih sveučilišta u Kini (*Tier 2*). Testiranje je provedeno pomoću kineske verzije Lawsonovog testa te je trajalo 45 minuta. Rezultati testa bili su iznenađujući jer je uočeno da su studentske sposobnosti znanstvenog zaključivanja kroz sve četiri godine studija nepromijenjene. Nije uočen nikakav napredak studenata u znanstvenom zaključivanju ni na jednom od tri usmjerenja. Također je uočeno da su studenti fizike, kemije i inženjerskih studija postigli bolje rezultate od nastavničkih smjerova, dok su rezultati studenata fizike i kemije te inženjerskih studija slični, tj. nema statistički značajne razlike u njihovim rezultatima. Nadalje, studenti koji studiraju na dva od 30 najboljih sveučilišta u Kini postigli su značajno bolje rezultate od ostalih studenata. Rezultati ovog testiranja pokazali su da, bez obzira na sveučilište i studij, napredak studenata kroz godine nije uočen te kognitivne sposobnosti koje su studenti imali razvijene na prvoj godini studija nisu dodatno razvili tijekom preostalih godina studija [8].

Posljednje istraživanje koje je bitno spomenuti je istraživanje koje su proveli Coletta i Phillips na četiri različita sveučilišta koristeći Lawsonov test [9]. Cilj istraživanja bio je potvrditi poveznicu između različitih tipova istraživački usmjerene nastave i napretka studenata u znanstvenom načinu razmišljanja tijekom jedne godine studija. Testiranje je provedeno na početku i na kraju uvodnih kolegija iz mehanike u kojima su nastavnici koristili različite interaktivne metode. Uočena je pozitivna korelacija između istraživački usmjerene nastave i napretka u znanstvenom razmišljanju i logičkom zaključivanju studenata [9].

2. Metode

2.1. Ispitanici i testiranje

Prvo testiranje provedeno je u ožujku 2017. godine na Fakultetu elektrotehnike i računarstva (FER) Sveučilišta u Zagrebu na prvom predavanju u drugom semestru. U testiranju je sudjelovalo 90 studenata prve godine studija. Drugo testiranje provedeno je u ožujku 2018. godine, također na prvom predavanju drugog semestra. Na testiranju je prisustvovalo 97 studenata prve godine studija.

Predviđeno vrijeme za pisanje testa na prvom testiranju iznosilo je 25 minuta dok je predviđeno vrijeme za pisanje testa na drugom testiranju iznosilo 40 minuta.

2.2. Konstrukcija testa

Test koji se koristio u prvom i drugom testiranju sastavio je Anton E. Lawson, profesor sa Sveučilišta u Arizoni da bi ispitao sposobnost znanstvenog načina razmišljanja i logičkog zaključivanja kod studenata. Test se sastoji od 24 pitanja višestrukog izbora od kojih svaka dva dolaze u paru, odnosno u jednom zadatku se postavi problem i pitanje te treba zaokružiti točan odgovor na postavljeno pitanje dok se u drugom zadatku traži obrazloženje odgovora. Zbog toga se test može analizirati kao da je sastavljen i od 24 zadatka i od 12 zadataka. U testu se provjeravaju: zakoni očuvanja, proporcionalno zaključivanje, kontrola varijabli, probabilističko zaključivanje, korelacijsko zaključivanje i hipotetsko-deduktivno zaključivanje. Promatra li se test kao da je sastavljen od dvanaest zadataka uočava se da prvi i drugi zadatak provjeravaju zakone očuvanja, a treći i četvrti zadatak provjeravaju proporcionalno zaključivanje. Peti, šesti i sedmi zadatak provjeravaju kontrolu varijabli, a osmi i deveti zadatak probabilističko zaključivanje. U desetom zadatku provjerava se korelacijsko zaključivanje dok se u jedanaestom i dvanaestom zadatku ispituje hipotetsko-deduktivno zaključivanje.

Obradom podataka prvog testiranja uočeno je da studenti imaju poteškoća s hipotetsko-deduktivnim zaključivanjem i kontrolom varijabli. Da bi se bolje istražili slabiji rezultati u ovim područjima zaključivanja konstruirani su dodatni zadatci u drugom testiranju u kojima se provjeravaju hipotetsko-deduktivno zaključivanje, kontrola varijabli i proporcionalno zaključivanje. U dodatnom dijelu testa provjerava se i proporcionalno zaključivanje da bi se ispitali neki aspekti tog načina zaključavanja koji nisu obuhvaćeni Lawsonovim testom. Cilj

dodatnih zadataka bio je provjeriti navedene načine znanstvenog zaključivanja budući da iz prvog testiranja nije bilo jasno da li je uzrok niskom postotku riješenosti 5., 6., 7., 11. i 12. zadataka nedovoljna razvijenost kognitivnih sposobnosti studenata ili specifični konteksti koji se javljaju u zadatcima. Pri konstruiranju dodatnih zadataka pazilo se da su situacije koje se javljaju u zadatcima iz svakodnevnog života te da ne zahtijevaju predznanja iz fizike. Konstruirano je deset zadataka od kojih neki zahtijevaju odgovor na postavljeni problem i obrazloženje zbog čega se u testu pojavljuje ukupno trinaest novih zadataka. Zadatci su nadodani na Lawsonov test pa tako test koji se pisao prilikom drugog testiranja ima sveukupno 37 zadataka. Neki zadatci su modificirani ili preuzeti iz PISA (*Programme for International Student Assessment*) programa međunarodnog ispitivanja znanja i vještina petnaestogodišnjih učenika ([10], str. 36-47, [11], str. 73-75).

2.3. Obrada podataka

Prvo su u Excel upisani svi podaci o studentima (ime, prezime, JMBAG) te odgovori na pitanja iz testa. Korištena su dva načina bodovanja. Prvi način bodovanja je bodovanje po pojedinačnim zadatcima. U ovom načinu bodovanja smatra se da je test sastavljen od 24 zadatka u kojima je potrebno zaokružiti jedan točan odgovor. Ukoliko je zaokružen točan odgovor studentu je dodijeljen jedan bod, a ukoliko je zaokruženo više odgovora (bez obzira je li zaokružen i točan odgovor), nijedan odgovor ili krivi odgovor studentu je dodijeljeno 0 bodova. Maksimalan broj bodova koje je student mogao ostvariti pri ovoj vrsti bodovanja je 24 boda. Drugi način bodovanja je bodovanje po parovima zadataka. Pri ovoj vrsti bodovanja smatra se da je test sastavljen od 12 zadataka od kojih se svaki sastoji od dva podzadatka. Student je ostvario jedan bod na zadatku ako je točno odgovorio na oba podzadatka. Ukoliko je samo jedan od podzadataka bio točan student je dobio 0 bodova. Student je dobio nula bodova i ukoliko je zaokružio više odgovora, nije odgovorio na jedno ili oba pitanje te je zaokružio krivi odgovor na barem jedno podpitanje.

Proveden je *t*-test kako bi se utvrdilo postoji li statistički značajna razlika između prvog i drugog testiranja. Ispostavilo se da ne postoji statistički značajna razlika te se rezultati prvog i drugog testiranja ujedinjeni i daljnja analiza provedena je na ukupnim rezultatima. Daljnja analiza podrazumijeva analizu svakog zadatka zasebno.

Nakon Lawsonovog testa analizirani su dodatni zadatci. Pri analizi ovih zadataka primijenjeno je bodovanje po parovima zadataka pri bodovanju 25 i 26 zadatka, 30 i 31 zadatka te 32 i 33 zadatka. Ostali zadatci nisu zahtijevali obrazloženje te su analizirani zasebno.

Za statističku obradu podataka koristio se *t*-test da se odredi je li razlika između dvije aritmetičke sredine, odnosno dva uzorka, statistički značajna. Ako postoji statistički značajna razlika između dva uzorka zaključuje se da ta razlika postoji i među populacijama. Statistička značajnost određuje se pomoću *p* vrijednosti. Ukoliko je $p < 0.05$ razlika je statistički značajna. Razlikujemo *t*-testove za zavisne i nezavisne uzorke. Na primjer, dvije različite grupe studenata koji rješavaju iste zadatke promatraju se kao nezavisni uzorci, dok su zavisni uzorci podatci od jedne grupe studenata koja rješava različite zadatke.

3. Rezultati i diskusija

3.1. Lawsonov test – ukupni rezultati

U ovom dijelu trećeg poglavlja analizirat će se ukupni rezultati na dva različita načina. Prvi način je analiza rezultata pri bodovanju po parovima zadataka, a drugi način je nastao bodovanjem po pojedinačnim zadacima.

3.1.1. Usporedba prvog i drugog testiranja

Rezultati prvog i drugog testiranja prikazani su u Tablici 3.1.

	Bodovanje po pojedinačnim zadacima / %	Bodovanje po parovima zadataka / %
Prvo testiranje	79 ± 14	71 ± 16
Drugo testiranje	77 ± 15	69 ± 17
Ukupni rezultati	78 ± 14	70 ± 17

Tablica 3.1: Postotak točnih odgovora na Lawsonovom testu na prvom i drugom testiranju prema bodovanju po pojedinačnim zadacima i po parovima zadataka

U drugom stupcu tablice prikazani su postotci postignutih bodova na prvom i drugom testiranju pri bodovanju po pojedinačnim zadacima. Uočava se da su studenti koji su prisustvovali prvom testiranju postigli nešto bolji rezultati od studenata koji su prisustvovali drugom testiranju. Proveden je t -test da se utvrdi je li ta razlika između rezultata na prvom i drugom testiranju statistički značajna. Dobivena p vrijednost je veća od 0.05, a $t(184) = 0.60$ što pokazuje da ne postoji statistički značajna razlika između prvog i drugog testiranja pri bodovanju po pojedinačnim zadacima. Srednja vrijednost ukupnih rezultata pri bodovanju po pojedinačnim zadacima prikazano iznosi 78%, a standardna devijacija 14%.

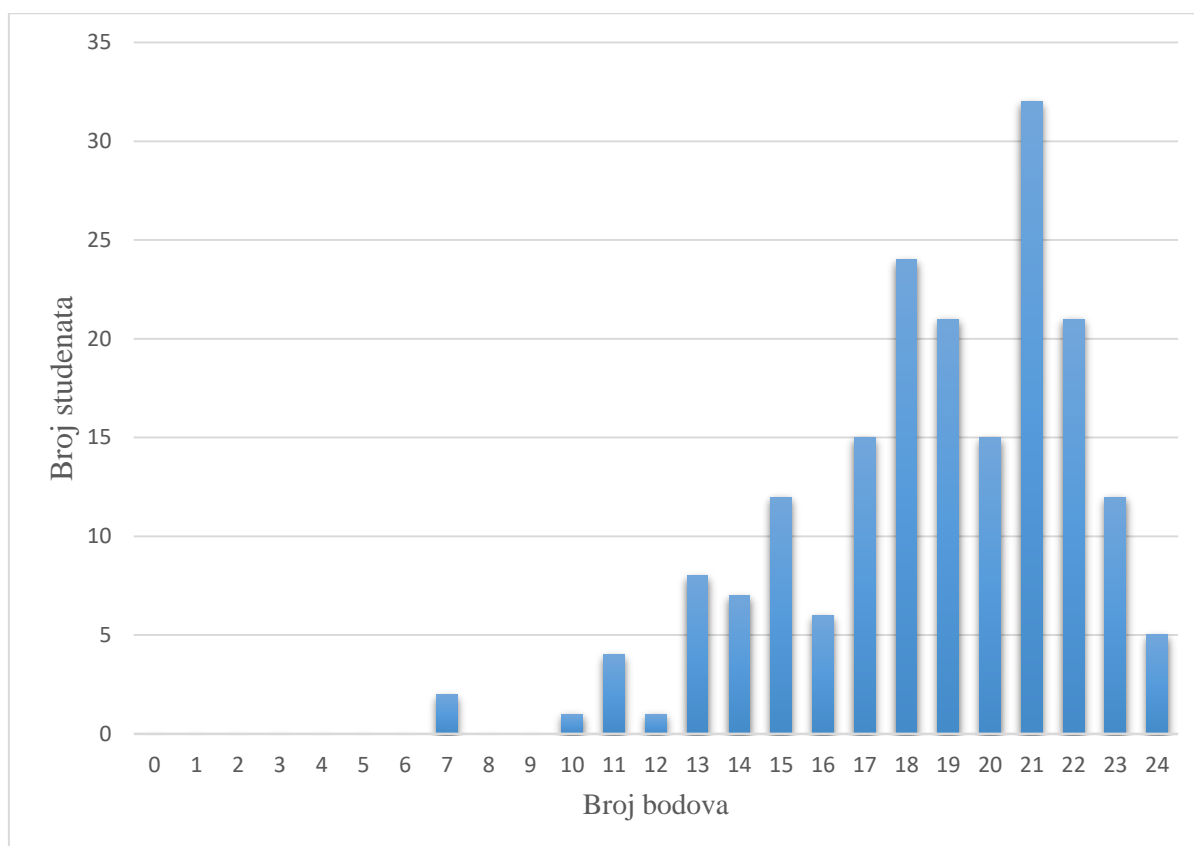
U trećem stupcu Tablice 3.1 prikazani su rezultati prvog i drugog testiranja pri čemu se test bodovao po parovima zadataka. Nešto bolji rezultati i pri ovoj vrsti bodovanja postignuti su na prvom testiranju. Provedeni t -test pokazao je da ta razlika nije statistički značajna ($t(184) = 0.73$ i $p > 0.05$). Srednja vrijednost ukupnih rezultata pri bodovanju po parovima zadataka iznosi 70%, a standardna devijacija 17%.

Uočava se razlika u postotku postignutih bodova između dvije različite vrste bodovanja, bodovanja po pojedinačnim zadacima i bodovanja po parovima zadataka. Provođenje t -testa

pokazalo je da je razlika između ukupnih rezultata za dva različita načina bodovanja statistički značajna ($t(370) = 4.97$ i $p < 0.0001$). Ovaj rezultat je očekivan budući da je bodovanje po parovima zadataka puno strože te se ne priznaje točan odgovor ukoliko oba zadatka koja dolaze u paru nisu točno odgovorena. Na ovaj način značajno se smanjuje davanje bodova u slučaju kada student nasumičnim odabirom točno odgovori na neko pitanje.

3.1.2. Raspodjela studenata po broju ostvarenih bodova

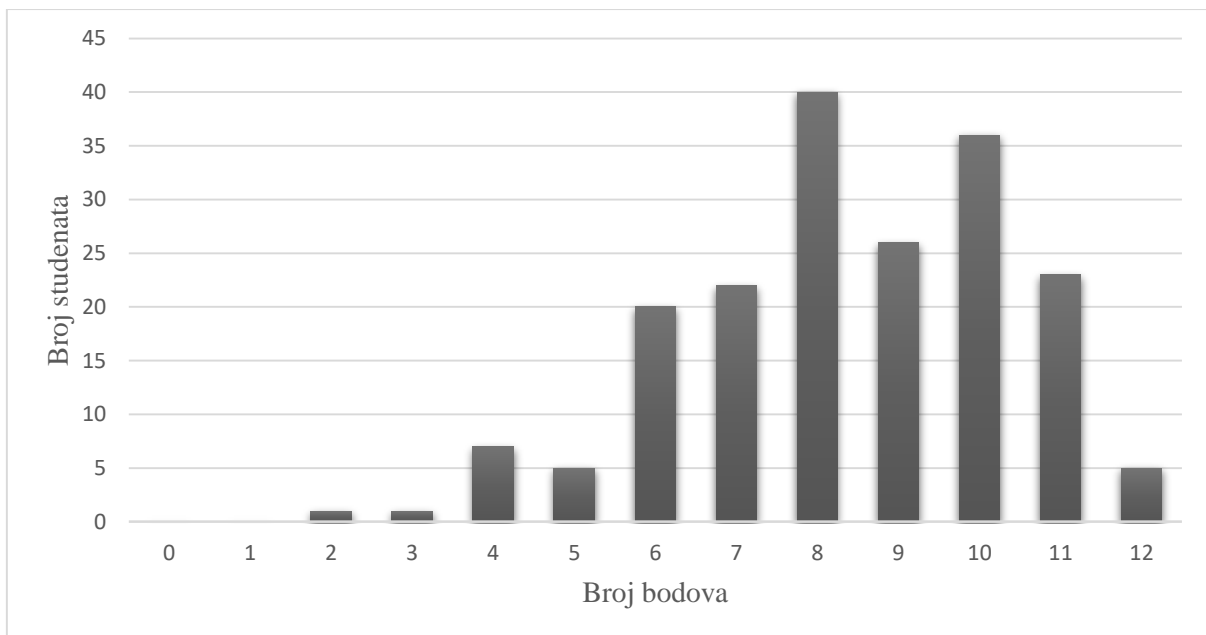
Budući da ne postoji statistički značajna razlika između prvog i drugog testiranja, bez obzira na tip bodovanja, podatci s ta dva testiranja su ujedinjeni i dalje će se analizirati zajedno. Na Slici 3.1 prikazana je raspodjela studenata po broju bodova ostvarenih na testu prema bodovanju po pojedinačnim zadacima. Maksimalan broj bodova koje su studenti mogli ostvariti je 24.



Slika 3.1: Raspodjela studenata po broju bodova prema bodovanju po pojedinačnim zadacima

Iz Slike 3.1 uočava se da je najmanji postignuti broj bodova pri bodovanju po pojedinačnim zadacima 7 bodova i taj rezultat su ostvarila 2 studenta (1%). Najveći broj ostvarenih bodova iznosi 24 boda i taj rezultat je ostvarilo 5 studenata (3%). Najučestaliji broj

ostvarenih bodova je 21 i ostvarilo ga je 32 studenata (17%). Raspodjela ukupnog broja ostvarenih bodova u ovisnosti u broju studenata ima asimetričan oblik te je srednja vrijednost postignutih bodova pomaknuta udesno, tj. srednja vrijednost postignutih bodova nije na polovici mogućih bodova (u ovom slučaju 12 bodova). Odstupanja od zvonolike razdiobe uočavaju se kod broja studenata koji su ostvarili 18 i 20 bodova. Srednja vrijednost ostvarenih bodova pri bodovanju po pojedinačnim zadacima iznosi 19 bodova, a standardna devijacija iznosi 3 boda. Rezultati testiranja su u prosjeku dosta dobri, ali neki studenti su imali dosta nizak broj ostvarenih bodova.



Slika 3.2: Raspodjela studenata po broju bodova prema bodovanju po parovima zadataka

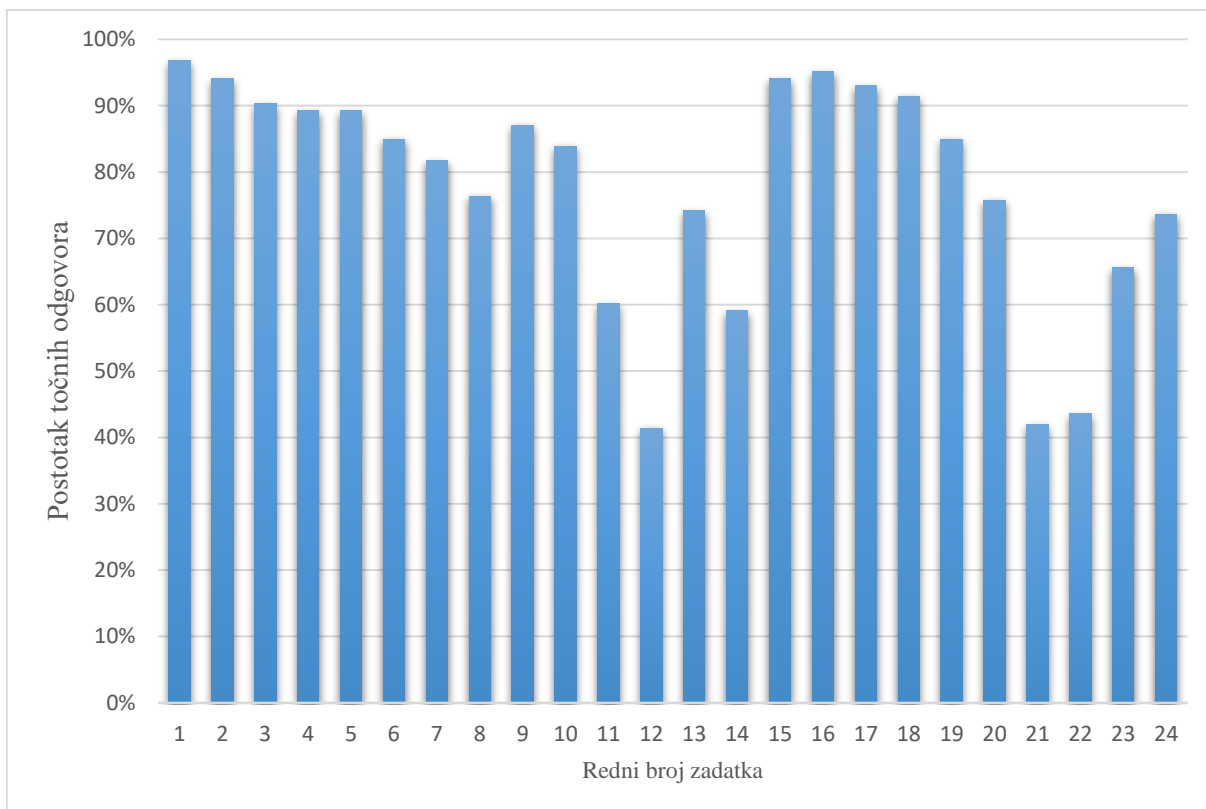
Iz Slike 3.2 uočava se da je najmanji postignuti broj bodova, pri bodovanju po parovima zadataka, 2 boda. Taj rezultat ostvario je 1 student (1%). Najveći broj bodova ostvaren na testu iznosi 12, a ostvarilo ga je 5 studenata (3%). Broj bodova koje je postiglo najviše studenata iznosi 8 bodova, a ostvarilo ga je 40 studenata (22%). Raspodjela rezultata prikazanih na Slici 3.2 donekle je slična normalnoj raspodjeli; ima približno zvonoliki oblik, ali je pomaknuta udesno i asimetrična je. Srednja vrijednost ostvarenih bodova pri bodovanju po parovima zadataka iznosi 8 bodova, a standardna devijacija iznosi 2 boda. Pri bodovanju po parovima zadataka rezultati su lošiji od očekivanih.

Rezultati pri bodovanju po parovima zadataka su lošiji od rezultata pri bodovanju po pojedinačnim zadacima što je očekivano.

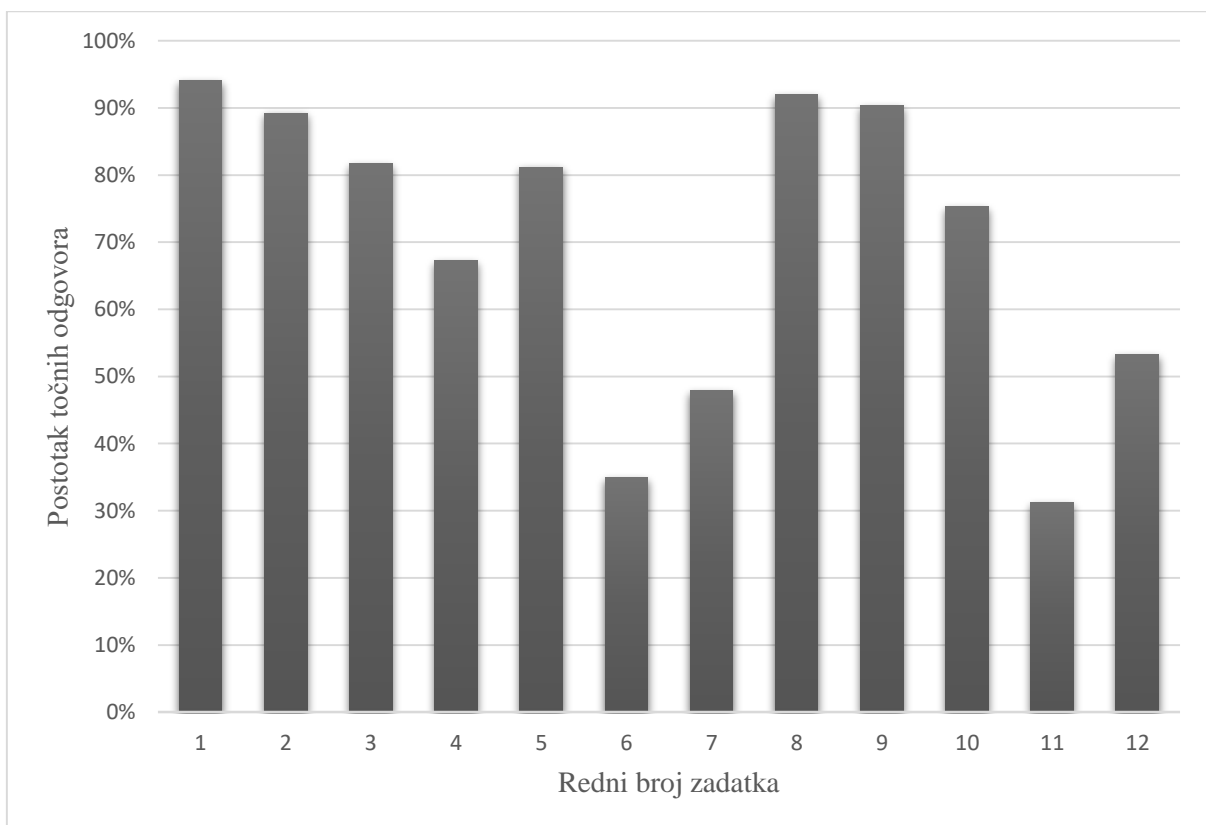
3.1.3. Raspodjela studenata po broju ostvarenih bodova po zadacima

Na Slici 3.4 prikazan je postotak riješenosti svakog pojedinog zadatka pri bodovanju po pojedinačnim zadacima. Uočava se da su najteži zadatci na testu bili zadatci 12, 21 i 22 koji imaju postotak riješenosti manji od 45%. Zadatci 1, 2, 15, 16, 17 i 18 su najbolje riješeni zadatci. Postotak riješenosti tih zadataka veći je od 90%. Također je zanimljivo uočiti kako postoji raskorak u riješenosti 11 i 12, te 13 i 14 zadatka. Veći postotak riješenosti imaju zadatci 11 i 13 u kojemu za zahtjeva odgovor na priloženi problem, nego zadatci 12 i 14 u kojima se zahtjeva obrazloženje danog odgovora. Moguće obrazloženje lošijih rezultata u zadacima 12 i 14 je nejasna formulacija ponuđenih obrazloženja u spomenutim zadacima.

Na Slici 3.5 prikazan je postotak riješenosti svakog pojedinog zadatka pri bodovanju po parovima zadataka. Najlošije riješeni zadatci su 6 i 11. Postotak riješenosti tih zadataka manji je od 40%. Zadatci 7 i 12 također nisu dobro riješeni. Postotak riješenosti tih zadataka je oko 50%. Najbolje riješeni zadatci su 1, 2, 8 i 9 čiji postotak riješenosti je oko 90%. Najbolje riješeni zadatci uključuju zakone očuvanja i probabilističko zaključivanje, dok najlošije riješeni zadatci uključuju kontrolu varijabli i hipotetsko-deduktivno zaključivanje. Uočava se da niti jedan zadatak nisu svi studenti riješili točno.



Slika 3.4: Postotak riješenosti zadataka prema bodovanju po pojedinačnim zadacima



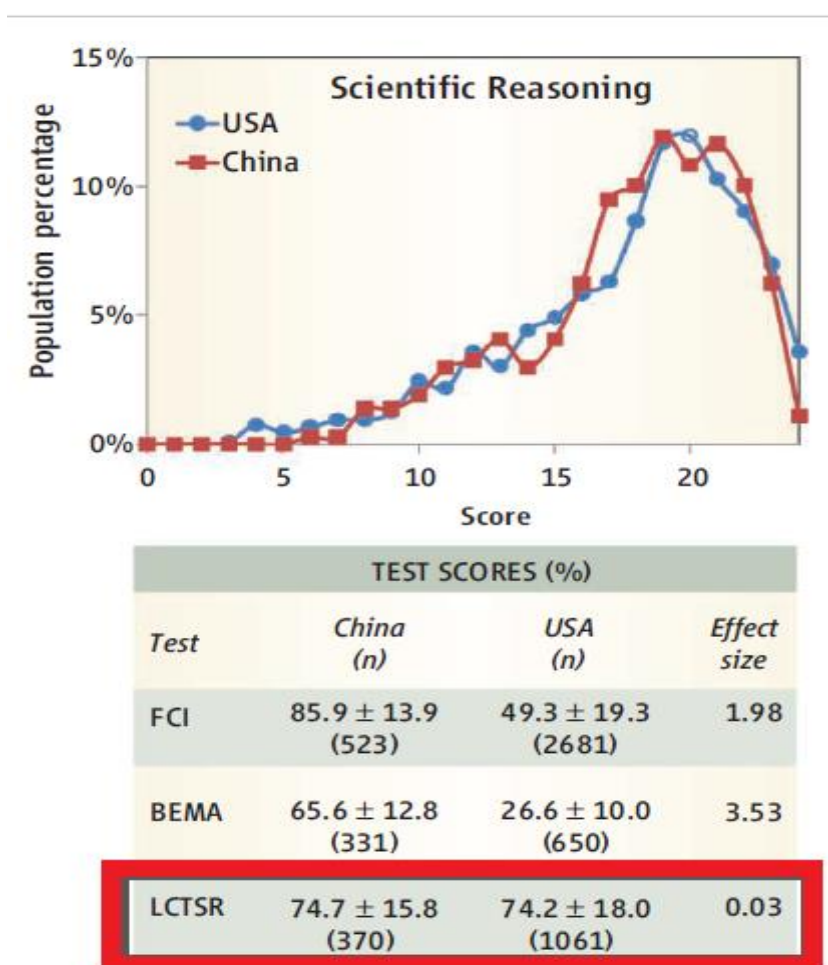
Slika 3.5: Postotak riješenosti zadataka prema bodovanju po parovima zadataka

3.2.Usporedba s prijašnjim rezultatima

U ovom poglavlju uspoređuju se rezultati ovog istraživanja s prijašnjim rezultatima.

3.2.1.Usporedba rezultata s istraživanjima provedenim u Kini i SAD-u

Istraživanje provedeno u Kini i SAD-u dalo je rezultate prikazane na Slici 3.6 [5]. Uočava se da nema razlike između rezultata studenata u Kini i SAD-u. Također se uočava da se u obje skupine najveći broj bodova ostvarenih na testu nalazi oko 20 bodova. Iz tablice se iščitava srednja vrijednost i standardna devijacija postotka točno riješenih zadataka. Kako bi se prikazani rezultati mogli uspoređivati s rezultatima testiranja provedenog na Sveučilištu u Zagrebu, uzeto je bodovanje po pojedinačnim zadacima te su ti rezultati prikazani grafički na Slici 3.7.



Slika 3.6: Rezultati istraživanja provedenog u Kini i SAD-u ([5], str. 586)



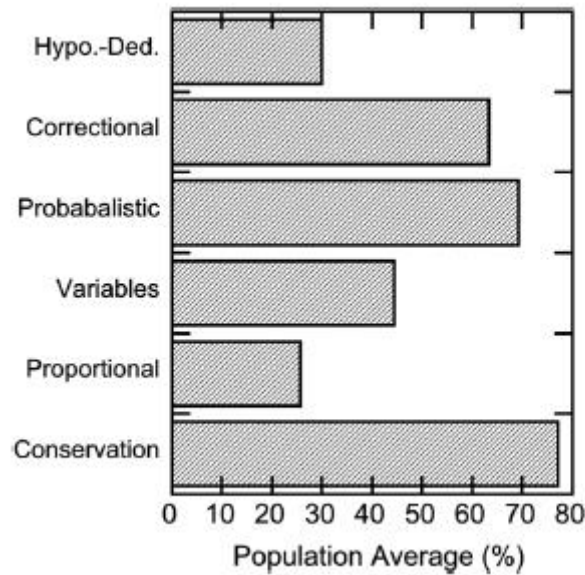
Slika 3.7: Ukupni rezultati istraživanja provedenog u Zagrebu

Srednja vrijednost postotka točnih odgovora u istraživanjima koje je provedeno u Zagrebu iznosi 78%, a standardna devijacija 14%. Provođenje t -testa za rezultate koje su ostvarili studenti u Zagrebu i studenti u Kini pokazalo je da postoji statistički značajna razlika između tih rezultata ($t(554) = 2.41$ i $p = 0.016$). Analogno, provođenje t -testa za rezultate koje su ostvarili studenti u Zagrebu i studenti u SAD-u ukazuje na to da postoji statistički značajna razlika i između tih rezultata ($t(1245) = 2.74$ i $p = 0.006$). Zaključuje se da su studenti u Zagrebu ostvarili bolje rezultate i od studenata u Kini i od studenata u SAD-u što se ne može iščitati jasno iz grafova (Slika 3.6 i Slika 3.7). Iz spomenutih grafova vidi se da je krivulja koja prikazuje rezultate studenata u SAD-u znatno glađa od krivulja koje prikazuju rezultate studenata u Kini te studenata iz Zagreba te je asimetrična i srednja vrijednost joj je pomaknuta udesno. Krivulje koje prikazuju rezultate studenata u Kini i Zagrebu osciliraju, tj. javljaju se šiljci, a razlog tomu je razlika u broju ispitanika. Broj studenata koji su testirani u SAD-u je 1061, što je znatno više od broja ispitanika u Kini kojih je bilo 370 i ispitanika u Zagrebu kojih je bilo 186.

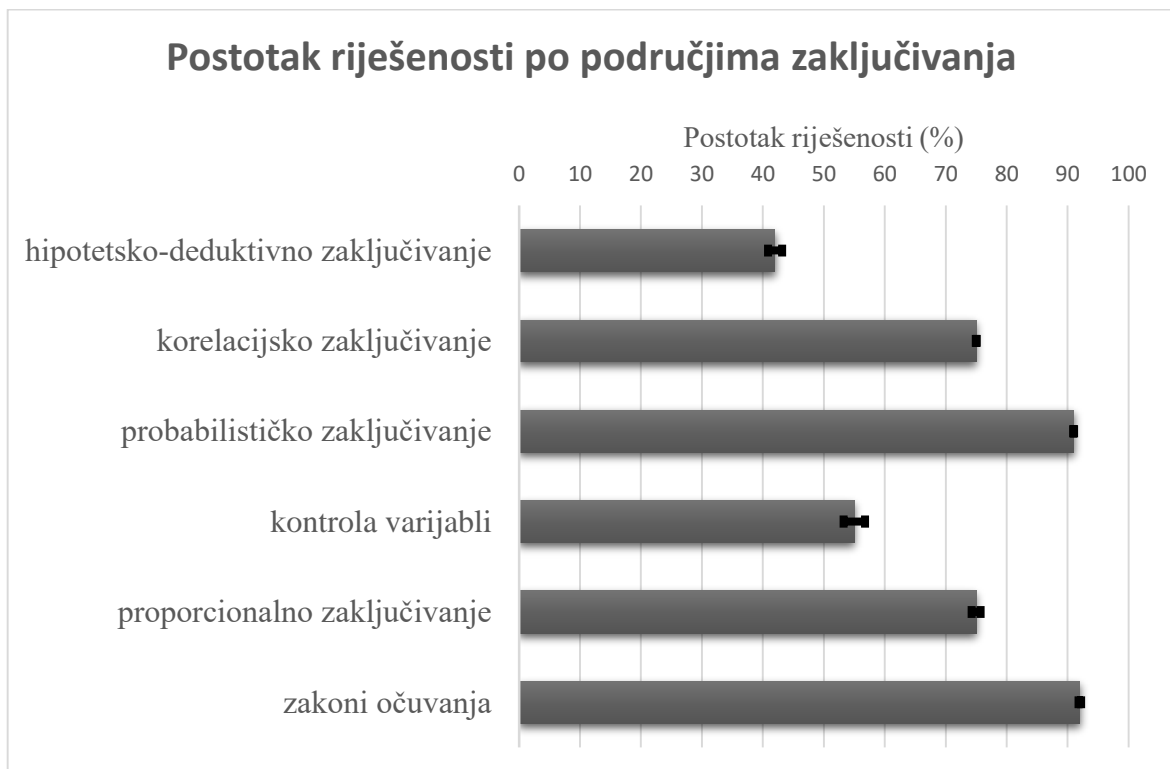
3.2.2. Usporedba rezultata po konceptualnim područjima

Moore i Rubbo [6] rezultate svoga testiranja prikazali su u specifičnom grafu prikazanom na Slici 3.8. Zadatake su raspodijelili u 6 skupina: zakoni očuvanja (1. i 2. zadatak), proporcionalno zaključivanje (3. i 4. zadatak), kontrola varijabli (5., 6. i 7. zadatak), probabilističko zaključivanje (8. i 9. zadatak), korelacijsko zaključivanje (10. zadatak) i

hipotetsko-deduktivno zaključivanje (11. i 12. zadatak). Radi usporedbe rezultata testiranja provedenog u Zagrebu s rezultatima istraživanja koje su proveli Moore i Rubbo, korišteno je bodovanje po parovima zadataka i rezultati su prikazani na Slici 3.9 na sličan način kao na Slici 3.8.



Slika 3.8: Rezultati istraživanja koje su proveli Moore i Rubbo ([6], str. 4)



Slika 3.9: Postotak riješenosti po području zaključivanja s pripadajućim pogreškama (standardnim pogreškama srednje vrijednosti)

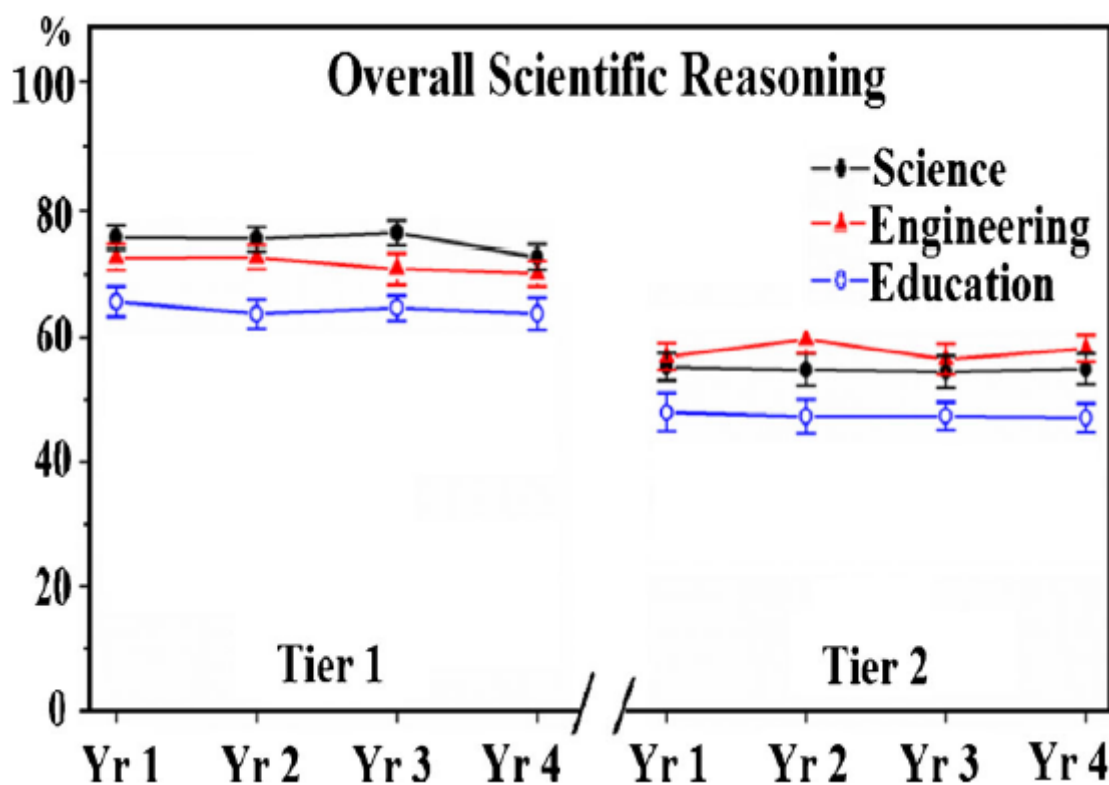
Iz grafova se uočava da su ispitanici testiranja u Zagrebu u svim područjima postigli bolje rezultate. Potrebno je istaknuti rezultate zadataka koji uključuju proporcionalno zaključivanje kod kojih se uočava velika razlika. Studenti iz Zagreba zadatke koji uključuju proporcionalno zaključivanje riješili su za otprilike 50% bolje od američkih studenata koji su prisustvovali istraživanju koje su proveli Moore i Rubbo. Pretpostavlja se da je glavni razlog tome što su u Zagrebu testirani studenti FER-a, te da je bila riječ o studentima koji nisu iz STEM područja rezultati bi bili slični američkim. Moguće je da je razlog dobrom rezultatu zagrebačkih studenata i kvalitetna i opširna primjena proporcionalnog zaključivanja u osnovnoškolskom i srednjoškolskom obrazovanju Republike Hrvatske. Također, usporedba ovih rezultata pokazuje da je relativna težina pojedinih načina zaključivanja slična za studente iz STEM područja i za studente koji nisu iz STEM područja, osim za proporcionalno zaključivanje koje je je značajno lakše STEM studentima.

3.2.3. Usporedba rezultata sa studentima tehničkih fakulteta u Kini

U Kini su sveučilišta rangirana tako da prvih 50 najboljih sveučilišta spada u Razinu 1 (eng. *Tier 1*), sljedećih 50 u Razinu 2 (eng. *Tier 2*) i tako dalje. Ding i koautori proveli su istraživanje koristeći Lawsonov test na kineskim sveučilištima Razine 1 i 2 gdje su testirali studente prve, druge, treće i četvrte godine studija [8]. Testirali su studente koji studiraju fiziku i kemiju (što odgovara istraživačkim smjerovima na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu (PMF) Sveučilišta u Zagrebu), inženjerske smjerove i to elektrotehnike i računarstva (što odgovara FER-u) te nastavničke smjerove (što odgovara nastavničkim smjerovima fizike i kemije na PMF-u). Test su bodovali po pojedinačnim zadacima. Rezultati tog istraživanja prikazani su na Slici 3.10. Graf prikazuje srednju vrijednost i standardnu pogrešku riješenosti testa u različitim grupama kineskih studenata. Promatrajući rezultate uočava se da su istraživački i inženjerski smjerovi postigli bolje rezultate od nastavničkih smjerova. Također, ne uočava se napredak u znanstvenom razmišljanju kod studenata na zadnjoj godini studiju u odnosu na njihove kolege koji su tek upisali studij te je ta pojava uočena na obje razine. Nadalje, studenti Razine 1 postigli su znatno bolje rezultate od studenata Razine 2.

Potrebno je osvrnuti se na rezultate studenata inženjerskih studija prikazane crvenom linijom na Slici 3.10 kako bi ih mogli usporediti s rezultatima studenta FER-a. Srednja vrijednost postotka riješenosti Lawsonovog testa u Zagrebu iznosi 78%, a standardna pogreška

14%. Studenti testirani u Zagrebu imaju sličan rezultat kao studenti fizike i kemije a nešto bolji su od studenta inženjerskih studija na sveučilištima Razine 1.

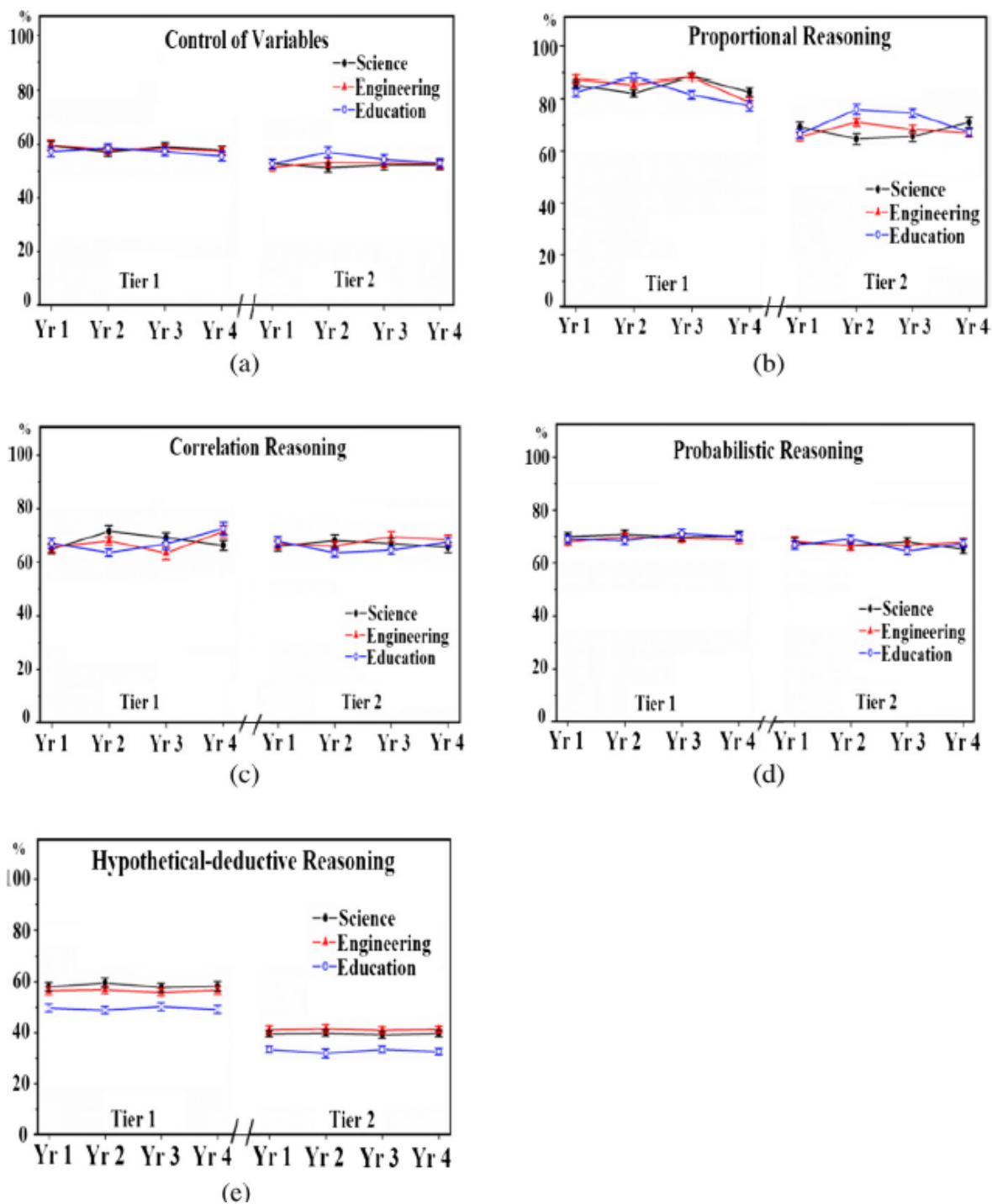


Slika 3.10: Rezultati testiranja u Kini [8]

Rezultati testiranja provedenog u Kini po pojedinim područjima zaključivanja prikazani su na Slici 3.11. Srednja vrijednost postotka riješenosti zadataka koji uključuju kontrolu varijabli iznosi oko 60% za kineska sveučilišta Razine 1 te oko 55% za sveučilišta Razine 2 (Slika 3.11 a). Studenti različitih studija su postigli slične rezultate. Zanimljivo je uočiti da su studenti druge godine profesorskih smjerova postigli najbolje rezultate na sveučilištima Razine 2. Srednja vrijednost postotka riješenosti zadataka studenata FER-a iznosi 68% sa standardnom pogreškom 17%. Rezultati studenata FER-a bolji su od svih grupa studenata u Kini.

Sljedeća skupina zadataka odnosi se na proporcionalno zaključivanje. Srednja vrijednost prve grupe studenata iz Kine nalazi se oko 85%, a druge grupe oko 70% (Slika 3.11 b). Također, uočava se da rezultati variraju kroz godine studija za razliku od rezultata koje su studenti ostvarili na zadacima koji provjeravaju kontrolu varijabli. Srednja vrijednost postotka riješenosti studenata iz Zagreba iznosi 83% sa standardnom pogreškom 5% što je usporedivo s rezultatima kineskih studenata na sveučilištima Razine 1.

Treće područje znanstvenog zaključivanja je korelacijsko zaključivanje. Rezultati studenata na sveučilištima Razine 1 i 2 u Kini u prosjeku se ne razlikuju (Slika 3.11 c). Srednja vrijednost iznosi oko 70% što je slabiji rezultat od rezultata studenata iz Zagreba čija je srednja vrijednost 80% sa standardnom pogreškom 6%.



Slika 3.11: Rezultati testiranja u Kini po područjima zaključivanja [8]

Četvrto područje znanstvenog zaključivanja odnosi se na probabilističko zaključivanje. Srednja vrijednost rezultata studenata iz Kine iznosi oko 70% i za prvu i za drugu grupu (Slika 3.11 d). Srednja vrijednost postotka riješenosti testa za studente iz Zagreba iznosi 93% sa standardnom pogreškom 2% što je znatno bolji rezultat od rezultata studenata iz Kine.

Uočimo da su razlike između srednjih vrijednosti riješenosti zadataka po područjima male između studenata Razine 1 i studenata Razine 2 za područja koja uključuju kontrolu varijabli, korelacijsko razmišljanje i probabilističko zaključivanje (Slika 3.11 a, c i d).

Sljedeće područje zaključivanja je hipotetsko-deduktivno zaključivanje te se u ovom dijelu vidi značajna razlika između rezultata studenata Razine 1 i Razine 2. Srednja vrijednost riješenosti zadataka koji uključuju hipotetsko-deduktivno zaključivanje studenata Razine 1 iznosi oko 55%, dok je srednja vrijednost studenata Razine 2 oko 35%. Javlja se razlika od otprilike 20%. Srednja vrijednost riješenosti zadataka koji uključuju hipotetsko-deduktivno zaključivanje studenata iz Zagreba iznosi 56% sa standardnom pogreškom 1%. Uspoređujući rezultate studenata FER-a s rezultatima studenata u Kini uočava se da su rezultati studenata FER-a u slični s rezultatima studenata sveučilišta Razine 1 u Kini.

Zaključuje se da su studenti FER-a u rangu sa studentima kineskih sveučilišta ili bolji. Mogući uzrok tomu je da studij FER-a upisuju maturanti koji su među najboljima na maturi iz matematike i fizike. Kada bi se u istraživanje uključili studenti svih tehničkih fakulteta rezultati vjerojatno ne bi bili toliko dobri.

3.3. Lawsonov test - analiza po zadatcima

U ovom poglavlju svaki zadatak posebno će se analizirati detaljnije. Rezultati svakog zadatka prikazani su tablično. Točni odgovori obojani su zelenom bojom. Ukoliko student nije odgovorio na pitanje ili je zaokružio više odgovora to spada pod rubriku „ostalo“ u tablici.

3.3.1. Zadatak 1.

1.1. Pretpostavite da imate dvije kuglice od plastelina, jednakih veličina i oblika. Te su dvije kuglice jednakih težina. Jedna je kuglica spljoštena do oblika palačinke.

Koja je od navedenih tvrdnji točna?

- A. Komad plastelina u obliku palačinke teži je od kuglice.
- B. Oba komada imaju jednake težine.
- C. Kuglica je teža od komada plastelina u obliku palačinke.

1.2. Razlog:

- A. Stanjeni komad plastelina pokriva veću površinu.
- B. Kuglica više pritišće na jednu točku.
- C. Kad je nešto stanjeno, to gubi na težini.
- D. Plastelin nije niti dodavan niti oduziman.
- E. Kad je nešto stanjeno, to dobiva na težini.

Odgovor	Zadatak 1.1./ % studenata	Zadatak 1.2. /% studenata
A	1	1
B	97	3
C	3	2
D	-	95
E	-	0
ostalo	0	0

Tablica 3.2: Rezultati prvog zadatka

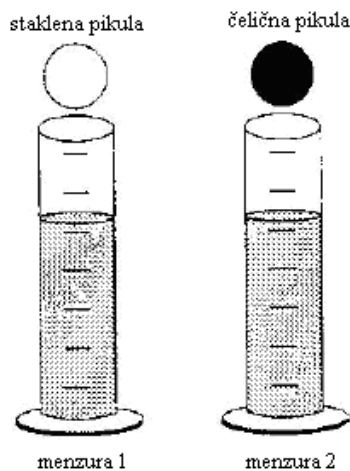
Rezultati prvog zadatka prikazani su u Tablici 3.2. Zadatci 1.1. i 1.2. ispituju razumijevanje zakona očuvanja mase. Zakon očuvanja mase učenici prvi put susreću u 7. razredu osnovne škole u sklopu kemije i fizike te se zakon očuvanja mase provlači kroz osnovnoškolsko i srednjoškolsko obrazovanje. Postotak riješenosti zadatka 1.1. iznosi 97%, a postotak riješenosti zadatka 1.2. iznosi 95%. Točan odgovor na oba pitanja dalo je 95% studenata, odnosno 176 studenata. Uočavamo da je zadatak 1.1. svega 3% studenata riješilo krivo. Oni smatraju da promjena oblika plastelina utječe na masu plastelina. U zadatku 1.2. 5%

studenata dalo je krivi odgovor. Zbroj postotaka je ponekad veći od 100% zbog zaokruživanja. Uočimo da je 2% studenata dalo točan odgovor na prvo pitanje, ali je kao obrazloženje odgovora navalo krivi odgovor, tj. zaokružili su da je točan odgovor pod C. U pitanju su 4 studenta koja su dala točan odgovor na prvo pitanje, a zatim kao obrazloženje smatraju da ako se neko tijelo stanji, ono gubi na masi što upućuje na to da tijekom školovanja nisu svladali zakon očuvanja mase. Samim obrazloženjem kontradiktorni su odgovoru u zadatku 1.1.

3.3.2. Zadatak 2.

2.1. Na slici su prikazane dvije menzure napunjene vodom do iste visine. Menzure su jednakih veličina i oblika.

Na slici su također prikazane i dvije pikule, jedna staklena, a druga čelična. Pikule su jednakih veličina, ali je čelična puno teža od staklene.



Kada se staklena pikula stavi u menzuru 1, ona potone do dna, a razina vode u menzuri podigne se do šeste crtice. *Ako stavimo čeličnu pikulu u menzuru 2, voda će se u njoj podići:*

- A. do iste razine kao i u menzuri 1
- B. do više razine nego u menzuri 1
- C. do niže razine nego u menzuri 1

2.2. Razlog:

- A. Čelična pikula brže tone.
- B. Pikule su napravljene od različitih materijala.
- C. Čelična pikula je teža od staklene pikule.
- D. Staklena pikula stvara manji pritisak.
- E. Pikule su jednakih veličina.

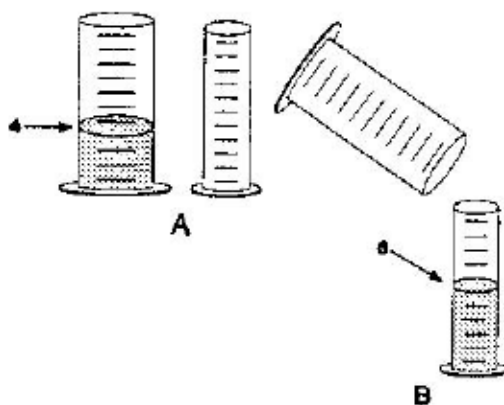
Odgovor	Zadatak 2.1./ % studenata	Zadatak 2.2./ % studenata
A	90	0
B	9	2
C	1	8
D	-	1
E	-	89
ostalo	0	1

Tablica 3.3: Rezultati drugog zadatka

Rezultati drugog zadatka prikazani su u Tablici 3.3. Zadatci 2.1. i 2.2. također provjeravaju zakone očuvanja. Uočimo da je postotak studenata koji su ovaj zadatak riješili točno visok. Točan odgovor na zadatak 2.1. zaokružilo je 90% studenata, dok je točan odgovor na zadatak 2.2. zaokružilo 89% studenata. Čak 89% studenata dobilo je bodove na ovom zadatku, odnosno 166 studenata točno je odgovorilo na oba pitanja. Uočimo da je 8% studenata koji su dali krivi odgovor na zadatak 2.2. odgovorilo C te upravo ti studenti smatraju da će razina vode u menzuri biti viša ukoliko je pikula koja se u nju uranja teža pikula.

3.3.3. Zadatak 3.

3.1. Na slici su prikazane uska i široka menzura. Menzure imaju jednako razmaknute oznake na sebi. Voda je ulivena u široku menzuru do četvrte oznake (slika A). Ta voda dolazi do šeste oznake kad se prelije u užu menzuru (slika B).



Obje se menzure isprazne (nije prikazano na slici) i voda se ulije u široku menzuru do šeste oznake.

Do koje će oznake voda doći kad je prelijemo u praznu užu menzuru?

- A. do 8
- B. do 9
- C. do 10
- D. do 12
- E. Niti jedan odgovor nije točan.

3.2. Razlog:

- A. Nemoguće je dati odgovor uz dane podatke.
- B. Ako se razina prije podigla za dvije oznake i sada se treba podići za dvije.
- C. Razina se podiže za tri oznake u užoj menzuri za svake dvije oznake u široj.
- D. Druga je menzura uža.
- E. Da bi se moglo odgovoriti, trebalo bi preлити vodu i promatrati je.

Odgovor	Zadatak 3.1./ % studenata	Zadatak 3.2. /% studenata
A	5	7
B	89	5
C	1	85
D	2	4
E	3	1
ostalo	1	3

Tablica 3.4: Rezultati trećeg zadatka

Rezultati trećeg zadatka prikazani su u Tablici 3.4. Zadatci 3.1. i 3.2. provjeravaju proporcionalno zaključivanje studenata. S razvojem proporcionalnog zaključivanja započinje se u 7. razredu osnovne škole. Iz Tablice 3.4 iščitava se da je 89% studenata točno odgovorilo na zadatak 3.1., a 85% studenata točno je odgovorilo na zadatak 3.2. Točan odgovor na oba pitanja dalo je 82% studenata. Postotak studenata koji su točno odgovorili na zadatak 3.1., a zatim dali krivo obrazloženje u zadatku 3.2. iznosi 8%. Od toga tri studenta nisu uopće odgovorili na pitanje 3.2., jedan je dao odgovor B, jedan je dao odgovor E, a ostali su (njih 8) odgovorili pod D. Tvrdnja da je druga menzura uža od prve je istinita, međutim nije obrazloženje odgovora u zadatku 3.1.

Treći zadatak postigao je zadovoljavajući postotak riješenosti. Pretpostavlja se da određeni broj studenata intuitivno zna riješiti zadatak, ali nisu znali riječima izraziti svoje razmišljanje pa su kao odgovor u zadatku 3.2. zaokružili tvrdnju za koju su bili sigurni da je

točna, a to je da je druga menzura uža od prve. Najveći postotak studenata koji su dali krivi odgovor u zadatku 3.1. odgovorilo je pod A. Ovi studenti smatraju da će se pri svakom prelijevanju vode iz veće menzure u manju razina vode podići za dvije oznake. Ovi studenti umjesto da su razmišljali proporcionalno, razmišljali su aditivno. Kao što je već spomenuto, proporcionalno zaključivanje počinje se razvijati u 7. razredu osnovne škole na primjerima iz svakodnevnog života u sklopu matematike nakon čega se uvode proporcionalne veličine kao dvije veličine koje jedna o drugoj ovise u obliku multiplikativne veze. Očito je da nisu svi studenti u potpunosti svladali proporcionalno zaključivanje tijekom obrazovanja te neki i dalje razmišljaju aditivno. Aditivno zaključivanje česta je pojava na samom početku svladavanja proporcionalnog zaključivanja. Učenici koji aditivno zaključuju umjesto da iznos neke veličine povećaju na primjer dva puta, dani iznos povećaju za dva. Važno je kod učenika razviti razumijevanje da je proporcionalna veza multiplikativna, a ne aditivna.

3.3.4. Zadatak 4.

4.1. Voda se sada ulije u užu menzuru (opisanu u prethodnom zadatku) do jedanaeste oznake. *Do koje će oznake doći voda ako je prelijemo u praznu široku menzuru?*

- A. do $6 \frac{1}{2}$
- B. do 9
- C. do 8
- D. do $7 \frac{1}{3}$
- E. Niti jedan odgovor nije točan.

4.2. Razlog:

- F. Omjeri moraju ostati isti.
- G. Da bi se moglo odgovoriti, trebalo bi prelići vodu i promatrati je.
- H. Nemoguće je odgovoriti uz dane podatke.
- I. Bile su dvije oznake manje prije, pa će i sada biti dvije oznake manje.
- J. Oduzmu se tri oznake u široj posudi za svake dvije u užoj.

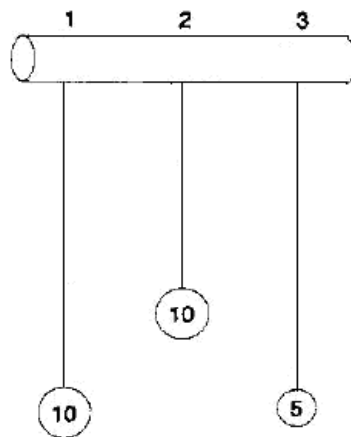
Odgovor	Zadatak 4.1./ % studenata	Zadatak 4.2. /% studenata
A	4	76
B	4	1
C	0	2
D	82	2
E	7	15
ostalo	3	4

Tablica 3.5: Rezultati četvrtog zadatka

Rezultati četvrtog zadatka prikazani su u Tablici 3.5. Zadatci 4.1. i 4.2. provjeravaju proporcionalno razmišljanje. Iz Tablice 3.5 vidimo da je 82% studenata točno odgovorilo na zadatak 4.1., a 76% studenata na zadatak 4.2. Točan odgovor na oba pitanja dalo je samo 67% studenata. Udio studenata koji su točno odgovorili na zadatak 4.1., a krivo na zadatak 4.2. iznosi 15%. Studenti koji su točno odgovorili za zadatak 4.1., a krivo na zadatak 4.2. većinom su odgovorili pod E (njih 25). Pretpostavlja se da su studenti krivo odgovorili jer nisu pomno pročitali zadatak. Pročitali su da se javljaju isti brojevi kao u zadatku 3.2. te zbog manjka pažnje ili koncentracije odabrali su krivi odgovor. Iz analize ovog zadatka moguće je zaključiti da su nekim studentima ponuđeni odgovori u zadatku 3.2 bili zbunjujući.

3.3.5. Zadatak 5.

5.1. Na slici su prikazane tri niti koje vise na šipci. Te tri niti na krajevima imaju obješene metalne utege. Nit 1 i nit 3 su jednakih duljina, a nit 2 je kraća. Utezi od 10 jedinica obješeni su na kraj niti 1 i na kraj niti 2. Uteg od 5 jedinica obješen je na kraj niti 3. Niti i obješeni utezi mogu se njihati, a vrijeme njihanja može se izmjeriti.



Pretpostavite da želite otkriti kako duljina niti utječe na vrijeme jednog njihaja.

Koje biste niti upotrijebili da to otkrijete?

- A. Samo jednu nit
- B. Sve tri niti
- C. Niti 2 i 3
- D. Niti 1 i 3
- E. Niti 1 i 2

5.2. Razlog:

- A. Moramo koristiti najdužu nit.
- B. Trebamo usporediti nit s lakšim i nit s težim utegom.
- C. Niti se razlikuju samo po duljini.
- D. Trebamo napraviti sve moguće usporedbe.
- E. Niti se razlikuju samo po težini utega.

Odgovor	Zadatak 5.1./ % studenata	Zadatak 5.2. /% studenata
A	1	0
B	5	5
C	2	84
D	4	5
E	87	5
ostalo	1	2

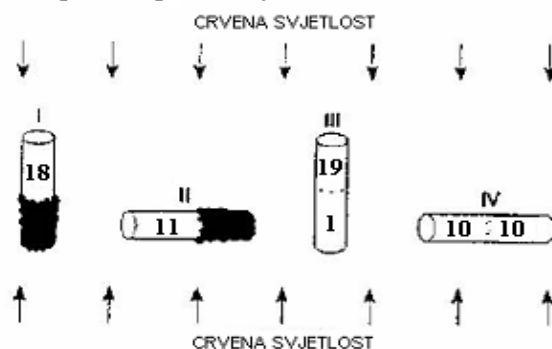
Tablica 3.6: Rezultati petog zadatka

Rezultati petog zadatka prikazani su u Tablici 3.6. Zadatci 5.1. i 5.2. provjeravaju kontrolu varijabli. Iz Tablice 3.6 vidimo da je 87% studenata točno odgovorilo na zadatak 5.1., a 84% studenata točno odgovorilo na zadatak 5.2. Točan odgovor na oba zadatka dalo je 81% studenata. Postotak studenata koji smatraju da je potrebno provesti pokus sa sve tri niti iznosi 4% te su u zadatku 5.1. dali odgovor B, a u zadatku dali odgovor D. Upravo kod ovih studenata uočava se da nisu dali krive odgovore pogađajući već nemaju razvijeno zaključivanje koje uključuje kontrolu varijabli. Jednak postotak studenata susreće se sa sličnim problemom. To su studenti koji su u zadatku 5.1. zaokružili D, a u zadatku 5.2. zaokružili B ili E, a neki i B i E. Oni razumiju da se određena varijabla mora držati konstantom, ali ne mogu točno odrediti koja. Postotak studenata koji su točno odgovorili na pitanje 5.1., a krivo odgovorili na pitanje 5.2.

iznosi 6%. Oni su u zadatku 5.2. dali odgovore B i E koji jasno naznačuju da masa utega mora biti različita.

3.3.6. Zadatak 6.

6.1. Dvadeset vinskih mušica smješteno je u svaku od četiri staklene epruvete koje su zatvorene na krajevima. Epruvete I i II su djelomično pokrivene crnim papirom, a epruvete III i IV nisu pokrivene. Epruvete su smještene kako prikazuje slika. Izložene su crvenom svjetlu pet minuta. Broj mušica u nepokrivenom dijelu svake epruvete prikazan je na slici.



Ovaj eksperiment pokazuje da mušice reagiraju (u smislu da se miču prema ili od navedenog podražaja) na:

- A. crveno svjetlo, ali ne na gravitaciju.
- B. gravitaciju, ali ne na crveno svjetlo.
- C. crveno svjetlo i gravitaciju.
- D. Mušice ne reagiraju niti na crveno svjetlo, niti na gravitaciju.

6.2. Razlog:

- A. Većina mušica se nalazi na gornjem kraju epruvete III, ali su otprilike jednoliko raspoređene u epruveti II.
- B. Većina mušica nije otišla prema dnu epruveta I i III.
- C. Mušice trebaju svjetlost da bi vidjele i moraju letjeti protivno gravitaciji.
- D. Većina mušica je u gornjim dijelovima i osvijetljenim dijelovima epruveta.
- E. Nešto mušica ima u oba dijela svake epruvete.

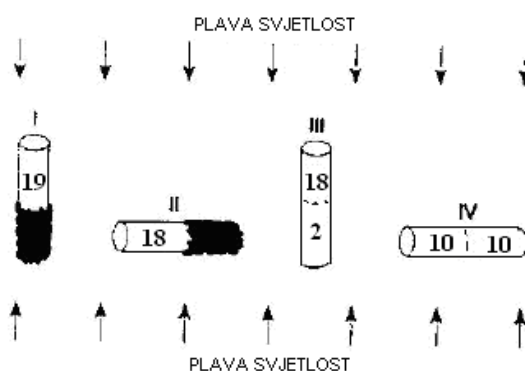
Odgovor	Zadatak 6.1./ % studenata	Zadatak 6.2 /% studenata
A	11	41
B	60	26
C	20	4
D	9	20
E	-	5
Ostalo	0	3

Tablica 3.7: Rezultati sedmog zadatka

Rezultati sedmog zadatka prikazani su u Tablici 3.7. Zadatci 6.1. i 6.2. provjeravaju kontrolu varijabli. Iz Tablice 3.7 vidi se da je 60% studenata točno odgovorilo na zadatak 6.1. Veliki broj studenata, čak 20% , odgovorilo je pod C. Pretpostavlja se da je razlog tome usporedba I. i III epruvete. Zadatak 6.2. točno je odgovorilo svega 41% studenata. Najčešći krivi odgovori u zadatku 6.2. su B i D. Čak 26% studenata smatra da je obrazloženje odgovora B u zadatku 6.1. to što većina mušica nije otišla prema dnu epruvete I i III. (odgovor B u zadatku 6.2.). Usporedbom epruveta I i III može se zaključiti o djelovanju crvenog svjetla, ali ne i gravitacije na mušice. U zadatku 6.2., 12% studenata odgovorilo je redom C i D. Oni su pri zaključku previdjeli da je 11 mušica u osvijetljenom dijelu epruvete II otprilike pola, a ne većina mušica kao što se tvrdi u odgovoru D. Točan odgovor na oba pitanja dalo je 35% studenata što je izrazito loš rezultat. Točan odgovor na pitanje 6.1., a krivi odgovor na pitanje 6.2. dalo je 25% studenata od čega je 37 studenata zaokružilo B, troje studenata zaokružilo D, dvoje studenata nije odgovorilo na pitanje, a jedan student je zaokružio E. Ovaj zadatak studentima je predstavljao veliki problem. Iz odgovora se zaključuje da većina studenata nije pogađala odgovor što znači da je ili kontekst zadatka bio kompliciran ili studenti imaju problema sa logičkim zaključivanjem koje uključuje kontrolu varijabli. Moguće je da je formulacija ponuđenih odgovora u zadatku 6.2. bila problematična.

3.3.7. Zadatak 7.

7.1. U drugom je eksperimentu upotrijebljena druga vrsta mušica i plava svjetlost. Rezultati su prikazani na slici.



Rezultati pokazuju da mušice reagiraju (u smislu da se miču prema ili od navedenog podražaja) na:

- A. plavu svjetlost, ali ne i na gravitaciju.
- B. gravitaciju, ali ne na plavu svjetlost.
- C. plavu svjetlost i gravitaciju.

7.2. Mušice ne reagiraju niti na plavu svjetlost, niti na gravitaciju. Razlog:

- A. Nešto mušica ima u oba dijela svake epruvete.
- B. Mušice trebaju svjetlost da bi vidjele i moraju letjeti suprotno gravitaciji.
- C. Mušice su približno ravnomjerno raspoređene u epruveti IV i u gornjem dijelu epruvete III.
- D. Većina mušica se nalazi u osvijetljenom dijelu epruvete II, ali ne i u donjim dijelovima epruveta I i III.
- E. Većina mušica se nalazi u gornjem dijelu epruvete I i u osvijetljenom dijelu epruvete II.

Odgovor	Zadatak 7.1./ % studenata	Zadatak 7.2. /% studenata
A	18	2
B	3	6
C	74	5
D	2	59
E	-	22
Ostalo	3	5

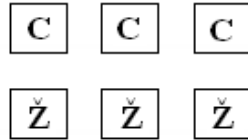
Tablica 3.8: Rezultati sedmog zadatka

Rezultati sedmog zadatka prikazani su u Tablici 3.8. Zadatci 7.1. i 7.2. ispituju kontrolu varijabli. Iz Tablice 3.8 vidimo da je zadatak 7.1. točno riješilo 74% studenata, dok je zadatak 7.2 točno riješilo 59% studenata. Najučestaliji krivi odgovor na zadatku 7.1. je A i izabralo ga je 18% studenata, od toga je 10% kao obrazloženje dalo odgovor D, a 5% studenata je dalo odgovor E. Udio studenata koji je točno odgovorio na zadatak 7.1., a krivo na zadatak 7.2. iznosi 26%. i to čak 16% studenata je dalo krivo obrazloženje pod E. Točan odgovor na oba zadatka dalo je 48% studenata.

Uočava se da je ovaj zadatak znatno bolje riješen od 6. zadatka bez obzira na sličan kontekst. Ovaj zadatak je lakši od prethodnog, ali bez obzira na to studentima je i dalje jako zahtjevan i postotak riješenosti nije zadovoljavajući. Kao i u 6. zadatku može se pretpostaviti da je kontekst zadatka studentima kompliciran. I u 6. zadatku i u 7. zadatku uočava se velika razlika između postotka studenata koji su točno odgovorili za zadatke 6.1. i 7.1., a dali krivi odgovor u zadacima 6.2. i 7.2. To upućuje na probleme u formulacijama obrazloženja u zadacima 6.2. i 7.2.

3.3.8. Zadatak 8.

8.1. Šest drvenih pločica kvadratnog oblika stavljeno je u platnenu vrećicu i dobro izmiješano. Tih su šest pločica potpuno jednakih veličina i oblika, ali su tri pločice crvene, a tri žute. Pretpostavite da netko (bez gledanja) zavuče ruku u vrećicu i izvuče jednu pločicu. *Kolika je šansa da je izvučena pločica crvena?*



- A. 1 od 6
- B. 1 od 3
- C. 1 od 2
- D. 1 od 1
- E. ne može se odrediti

8.2. Razlog:

- A. Tri od šest pločica su crvene.
- B. Nemoguće je odrediti koja će pločica biti izvučena.
- C. Izvlači se samo jedna od šest pločica iz vrećice.
- D. Svih je šest pločica jednakih veličina i oblika.
- E. Može se izvući samo jedna od tri crvene pločice.

Odgovor	Zadatak 8.1./ % studenata	Zadatak 8.2. /% studenata
A	2	95
B	4	1
C	94	1
D	1	1
E	0	2
Ostalo	0	1

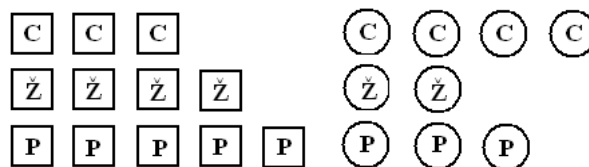
Tablica 3.9: Rezultati osmog zadatka

Rezultati osmog zadatka prikazani su u Tablici 3.9. Zadatci 8.1. i 8.2. provjeravaju probabilističko zaključivanje. Iz Tablice 3.9 vidljivo je da je 8.1. zadatak točno riješilo 94% studenata, a 8.2. zadatak 95% studenata. Oba zadatka točno je riješilo 92% studenata. Prvi put se javlja situacija u kojoj je 3% studenata točno odgovorilo na 8.2. zadatak, ali nije točno odgovorilo na 8.1. zadatak. Većina studenata koji su napravili tu grešku u 8.1. zadatku odgovorili su pod B. Ti studenti su izabrali očito točnu tvrdnju da su tri od šest pločica crvene, no imali su poteškoća s određivanjem vjerojatnosti izvlačenja crvene pločice. Postotak

studenta koji su točno odgovorili na 8.1. zadatak, a krivo na 8.2. zadatak iznosi 2%. Jedan student kao obrazloženje naveo je odgovore A, C i D. On je zaokružio sve tvrdnje koje su istinite, čak i one koje navode uvjete dane u zadatku (C i D odgovor). Ovaj zadatak ima jako velik postotak riješenosti i studentima je bio lagan. S probabilističkim razmišljanjem učenici se prvi put susreću u 7. razredu osnovne škole kada uče osnove vjerojatnosti. Kontekst zadatka je jednostavan i ispituje osnove vjerojatnosti što je vjerojatno razlog visokog postotka riješenosti.

3.3.9. Zadatak 9.

- 9.1. Tri crvene drvene pločice kvadratnog oblika, četiri žute pločice kvadratnog oblika i pet plavih pločica kvadratnog oblika stavljene su u platnenu vrećicu. Četiri okrugle crvene pločice, dvije okrugle žute pločice i tri okrugle plave pločice također su stavljene u vrećicu. Sve su pločice međusobno izmiješane. Pretpostavite da netko (bez gledanja i bez opipavanja oblika) zavuče ruku u vrećicu i izvuče jednu pločicu.



Kolika je šansa da je izvučena pločica crvena okrugla ili plava okrugla?

- A. ne može se odrediti
- B. 1 od 3
- C. 1 od 21
- D. 15 od 21
- E. 1 od 2

9.2. Razlog:

- A. Jedan od dva moguća oblika je okrugli oblik.
- B. 15 pločica od 21 pločice su crvene ili plave.
- C. Nemoguće je odrediti koja će pločica biti izvučena.
- D. Samo je jedna od 21 pločice izvučena iz vrećice.
- E. Jedna od svake tri pločice je crvena ili plava okrugla pločica.

Odgovor	Zadatak 9.1./ % studenata	Zadatak 9.2. /% studenata
A	0	2
B	94	3
C	2	0
D	3	3
E	2	91
Ostalo	0	2

Tablica 3.10: Rezultati devetog zadatka

Rezultati devetog zadatka prikazani su u Tablici 3.10. Zadatci 9.1. i 9.2. provjeravaju probabilističko zaključivanje. Iz Tablice 3.10 vidi se da je 94% studenata točno odgovorilo na zadatak 9.1., a 91% studenata na zadatak 9.2. U zadatku 9.1. odgovor pod D zaokružilo je 3% studenata. Oni su pri određivanju šanse da se izvuče crvena ili plava okrugla pločica brojali sve plave i crvene pločice, uključujući i pločice kvadratnog oblika. Točan odgovor na oba zadatka zaokružilo je 91% studenata. Postotak studenata koji su točno odgovorili na pitanje 9.1., a krivo odgovorili na pitanje 9.2. iznosi 3%. Od toga tri studenta nisu odgovorila na pitanje 9.2., jedan je odgovorio pod A, a drugi pod D. Tvrdnje zadatka 9.2. pod A i D su istinite, međutim ne utječu na šansu da se izvuče plava okrugla ili crvena okrugla pločica. Postotak riješenosti ovog zadatka je visok iz čega se zaključuje da je zadatak studentima bio lagan kao i zadatak 8.

3.3.10. Zadatak 10.

10.1. Farmer Brown je promatrao miševe koji žive u njegovom polju. Otkrio je da su svi miševi ili debeli ili mršavi. Također svi imaju ili crni ili bijeli rep. To ga je potaknulo da se zapita postoji li veza između debljine miša i boje njegova repa. Zato je prikupio sve miševe na jedan dio svog polja i promatrao ih. Na slici su svi miševi koje je prikupio.



Mislite li da postoji veza između debljine miša i boje njegova repa?

- A. Čini se da postoji veza.
- B. Čini se da ne postoji veza.
- C. Ne mogu procijeniti.

10.2. Razlog:

- A. Ima nešto miševa od svake vrste.
- B. Mogla bi postojati genetska veza između debljine miša i boje njegova repa.
- C. Nije prikupljen dovoljan broj miševa.
- D. Većina debelih miševa ima crne repove, dok većina mršavih miševa ima bijele repove.
- E. Kako se miševi debljaju, tako njihovi repovi postaju sve tamniji.

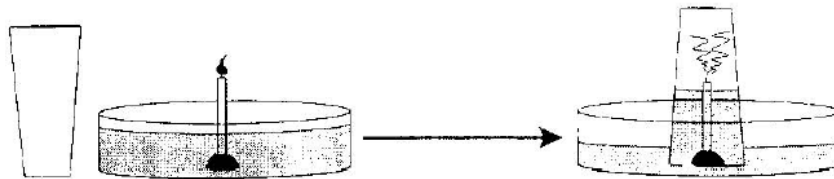
Odgovor	Zadatak 10.1./ % studenata	Zadatak 10.2. /% studenata
A	86	9
B	6	10
C	9	3
D	-	76
E	-	1
Ostalo	0	1

Tablica 3.11: Rezultati desetog zadatka

Rezultati desetog zadatka prikazani su u Tablici 3.11. Zadatci 10.1. i 10.2. provjeravaju korelacijsko zaključivanje. Iz Tablice 3.11 uočava se da je zadatak 10.1. točno riješilo 86% studenata, a zadatak 10.2. točno je riješilo 76% studenata. Oba zadatka točno je riješilo 76% studenata. Postotak studenata koji nisu mogli procijeniti postoji li veza između debljine miša i boje njegova repa iznosi 9%, dok je 6% studenata zaključilo da ne postoji veza između debljine miša i boje repa. U 10.2. najučestaliji krivi odgovori su A i B. Studentima je teško odrediti koja tvrdnja je ključna za izvođenje zaključka, a koje tvrdnje su istinite, ali ne doprinose izvođenju pravilnog zaključka. Postotak studenata koji su točno odgovorili na pitanje 10.1., a krivo na pitanje 10.2. iznosi 10% i oni su na pitanje 10.2. zaokruživali odgovore A i B. Ispravan odgovor na oba pitanja zaokružilo je 75% studenata. Rezultati ovog zadatka su lošiji od očekivanog budući da se ovo smatra jednim od lakših načina znanstvenog zaključivanja.

3.3.11. Zadatak 11.

11.1. Donja slika (lijevi dio) prikazuje čašu i goruću svijeću, učvršćenu na malom komadiću plastelina, koja stoji u zdjelici s vodom. Kad se čaša okrene naopako i stavi u vodu preko svijeće, svijeća se brzo ugasi i povisi se nivo vode u čaši (desni dio slike).



Ovo opažanje postavlja zanimljivo pitanje: Zašto se povisi nivo vode u čaši?

Evo mogućeg objašnjenja. Plamen pretvara kisik u ugljični dioksid. Budući da se kisik jako sporo otapa u vodi, a ugljični dioksid brzo, novonastali se ugljični dioksid brzo otopi u vodi, smanjujući time tlak zraka u čaši.

Pretpostavite da imate gore spomenuti pribor plus nekoliko šibica, nekoliko svijeća, malo suhog leda (suhi led je smrznuti ugljični dioksid), balon i otvoreni stakleni cilindar. *Kako biste testirali predloženo moguće objašnjenje koristeći sav pribor ili dio navedenog pribora?*

- Zasitili biste vodu ugljičnim dioksidom i ponovili eksperiment, te zabilježili razinu do koje se voda podigla.
- Nivo vode se povisio zbog toga što se potrošio kisik, pa biste ponovili eksperiment na potpuno jednak način da pokažete da se nivo vode podigao zbog potrošnje kisika.
- Proveli biste kontrolirani pokus, mijenjajući samo broj svijeća, da vidite utječe li to na razinu vode.
- Za podizanje nivoa vode odgovoran je efekt usisavanja, pa biste stavili balon preko gornje strane otvorenog cilindra i stavili cilindar preko goruće svijeće.
- Ponovili biste početni pokus, ali biste provjerili je li kontroliran, držeći sve neovisne varijable konstantnima; tada biste izmjerili koliko se voda podigla.

11.2. Koji bi rezultat Vašeg testiranja (spomenutog u 21. zadatku) pokazao da je predloženo objašnjenje najvjerojatnije pogrešno?

- A. Voda se podigla do iste visine kao i prije.
- B. Voda se podigla do manje visine nego prije.
- C. Balon se proširio.
- D. Balon je uvučen unutra.

Odgovor	Zadatak 11.1./ % studenata	Zadatak 11.2. /% studenata
A	42	44
B	9	16
C	3	15
D	35	19
E	8	0
Ostalo	4	7

Tablica 3.12: Rezultati jedanaestog zadatka

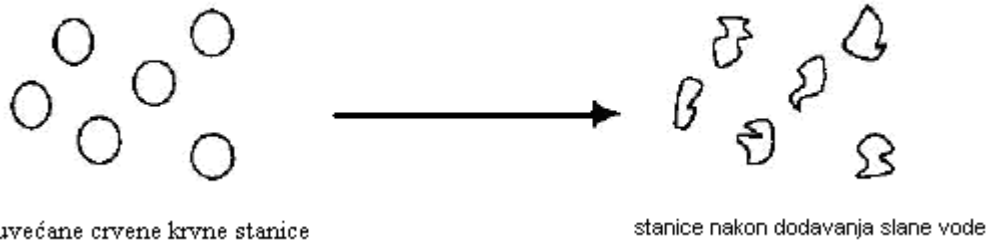
Rezultati jedanaestog zadatka prikazani su u Tablici 3.12. Iz Tablice 3.12 vidi se da je zadatak 11.1. točno riješilo 42% studenata. Također se uočava je je čak 35% studenata odgovorilo pod D, što je krivi odgovor. Krivi odgovor u zadatku 11.1. povlači i krivo obrazloženje u zadatku 11.2. Točan odgovor u zadatku 11.2. zaokružilo je 44% studenata. Najučestaliji krivi odgovor u 11.2. zadatku je pod D. Zaokružilo ga je 19% studenata što je očekivano s obzirom na veliki postotak studenata koji su u zadatku 11.1. odgovorili pod D. Nezanemariv postotak studenata, njih 32%, odgovorilo je u 11.2. zadatku B i C. Postotak studenata koji su točno odgovorili na oba zadatka je 31% što je izrazito nizak postotak. Postotak studenata koji su točno odgovorili na zadatak 11.1., a krivo odgovorili na zadatak 11.2. iznosi 11%. Od toga je 17 studenata zaokružilo B, dvoje studenata zaokružilo C, a jedan student nije odgovorio na zadatak 11.2.

Ovaj zadatak provjerava hipotetsko-deduktivno zaključivanje studenata što je najteži oblik logičkog zaključivanja što se odrazilo i na rezultate budući da je ovo najlošije riješen zadatak. Uz kompliciraniji kontekst zadatka, nizak postotak riješenosti bio je očekivan. Također, moguće je da je nekim studentima ovaj pokus poznat od ranije te umjesto da osmisle pokus kojim bi testirali hipotezu danu u tekstu zadatka, oni primjenjuju svoje ideje o rezultatima tog pokusa. Sedam studenata nije odgovorilo niti na jedno pitanje. Razlog tomu može biti činjenica da je ovo predzadnji zadatak pa ga studenti nisu stigli riješiti ili im se više nije dalo

rješavati zadatke. Zanimljivo je uočiti da je veći postotak riješenosti 11.2. zadatka nego 11.1. zadatka. Razlog tome je vjerojatno što odgovor A u 11.2. može biti rezultat različitih načina testiranja hipoteze, tj. studenti koji su zaokružili odgovor A u zadatku 11.2. mogli su odgovoriti A, B, C i E u zadatku 11.1.

3.3.12. Zadatak 12.

12.1. Student je stavio kapljicu krvi na mikroskopsko stakalce i promatrao je pod mikroskopom. Kao što možete vidjeti na donjoj slici, povećane crvene krvne stanice izgledaju kao okrugle loptice. Nakon što je dodao par kapljica slane vode na kapljicu krvi, student je primijetio da su stanice izgledale manje.



Ovo opažanje postavlja zanimljivo pitanje: Zašto su crvene krvne stanice postale manje?

Evo dvaju mogućih objašnjenja:

I. Ioni soli (Na^+ i Cl^-) pritišću membrane stanica i zato stanice izgledaju manje.

II. Ioni soli privlače molekule vode, pa molekule vode izlaze iz stanice i stanice se smanjuju.

Da bi testirao ova objašnjenja, student je koristio malo slane vode, vrlo preciznu vagu i nekoliko vodom napunjenih plastičnih vrećica. Pretpostavio je da se plastika ponaša jednako kao i membrane crvenih krvnih stanica. Pokus je uključivao pažljivo vaganje vodom napunjene vrećice, njezino smještanje u slanu otopinu na deset minuta i ponovno vaganje.

Koji bi rezultat pokusa najbolje pokazao da je objašnjenje I. najvjerojatnije pogrešno?

- A. Vrećica postaje lakša.
- B. Vrećica je jednako teška.
- C. Vrećica izgleda manja.

12.2. *Koji bi rezultat pokusa najbolje pokazao da je objašnjenje II. najvjerojatnije pogrešno?*

- A. Vrećica postaje lakša.
- B. Vrećica je jednako teška.
- C. Vrećica izgleda manja.

Odgovor	Zadatak 12.1./ % studenata	Zadatak 12.2 /% studenata
A	66	13
B	19	74
C	12	7
D	-	-
Ostalo	3	6

Tablica 3.13: Rezultati dvanaestog zadatka

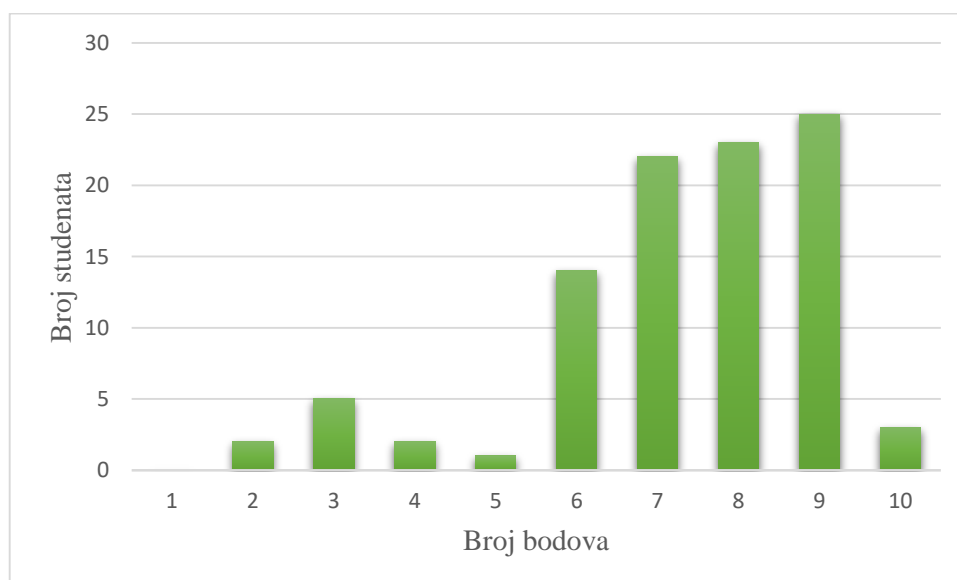
Rezultati dvanaestog zadatka prikazani su u Tablici 3.13. Zadatci 12.1. i 12.2. ispituju hipotetsko-deduktivno zaključivanje. Iz Tablice 3.13 vidi se da je zadatak 12.1. točno riješilo 66% studenata, a zadatak 12.2. točno je riješilo 74% studenata. Točan odgovor na oba zadatka dalo je 53% studenata. Uočava se da je veći postotak studenata točno odgovorio na zadatak 12.2. pa se zaključuje da im je on bio lakši. Veliki postotak studenata, njih 19%, u zadatku 12.1. zaokružilo je tvrdnju B. Oni smatraju da ukoliko se masa vrećice ne promjeni, tvrdnja I je opovrgnuta. Međutim tvrdnja I upravo podrazumijeva da se masa stanice ne mijenja, mijenja se samo njen izgled. Odgovor C zaokružilo je 12% studenata. Odgovor C upravo podržava obrazloženje I. Zadatak 12.2. točno je odgovorilo oko 10% studenata više nego zadatak 12.1. Najučestaliji krivi odgovor je pod A i zaokružilo ga je 13% studenata. Ovaj odgovor bi podržao tvrdnju II, a ne bi ju opovrgnuo. Prema postotku riješenosti 12. zadatka zaključujemo da je zadatak težak studentima. Uzmu li se u obzir i rezultati zadatka 11 može se zaključiti da hipotetsko-deduktivno zaključivanje kao vrsta logičkog zaključivanja nije razvijena kod mnogih studenata.

3.4. Dodatni zadatci - ukupni rezultati

Nakon analize prvog testiranja uočene su poteškoće studenata pri hipotetsko-deduktivnom zaključivanju i logičkom zaključivanju koje uključuje kontrolu varijabli. Budući da nije u potpunosti jasno nastaju li te poteškoće zbog konteksta zadatka ili zbog nedovoljno razvijenih kognitivnih sposobnosti studenata, u drugom testiranju uz Lawsonov test, dodani su zadatci koji ispituju te oblike logičkog zaključivanja. Dodatak na Lawsonov test sastoji se od trinaest zadataka od kojih tri zadatka dolaze u paru, a ostale zadatke promatramo samostalno. Na taj se način test promatra kao skup deset različitih zadataka. Zadatci provjeravaju hipotetsko-deduktivno zaključivanje, kontrolu varijabli te proporcionalno zaključivanje.

3.4.1. Raspodjela studenata po broju ostvarenih bodova

Na Slici 3.12 prikazana je raspodjela studenata po broju ostvarenih bodova na dodatnim zadacima.



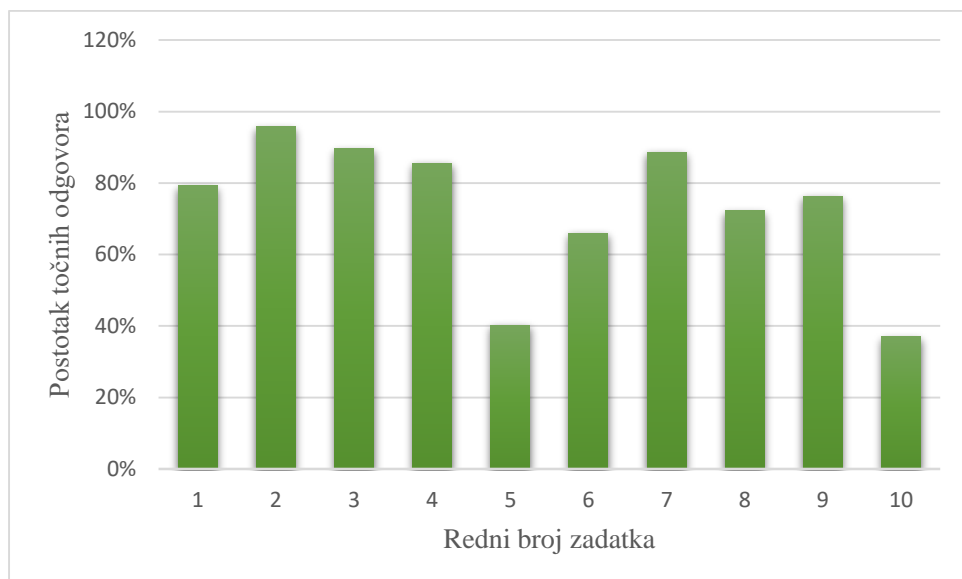
Slika 3.12: Raspodjela studenata po broju ostvarenih bodova

Na dodatnom testiranju sudjelovalo je 97 studenata. Sa Slike 3.12 vidi se da je najmanji broj bodova ostvaren na dodatnom testiranju dva boda te je taj rezultat postiglo dvoje studenata (2%). Maksimalan broj bodova, odnosno deset bodova, na dodatnom testiranju ostvarilo je svega troje studenta (3%). Najveći broj studenata ostvario je devet bodova, njih 25, ali sa slike se uočava da je veliki broj studenata ostvario sedam i osam bodova. Čak 73% studenata

ostvarilo je između sedam i devet bodova. Uočava se da su rezultati dodatnog dijela testa zadovoljavajući te 90% studenata je ostvarilo barem šest bodova na testu. Srednja vrijednost ostvarenih bodova na testu iznosi 7 bodova (73%), a standardna devijacija 2 boda (18%).

3.4.2. Raspodjela studenata po broju ostvarenih bodova po zadacima

Na Slici 3.13 prikazana je raspodjela studenata po broju ostvarenih bodova na dodatnim zadacima.



Slika 3.13 Raspodjela studenata po broju ostvarenih bodova po zadacima

Sa Slike 3.13 uočava se da je najmanji postotak točnih odgovora ostvaren na desetom zadatku. Ostvareno je samo 37% točnih odgovora. Peti zadatak također ima malen postotak riješenosti, samo 40%. Najveći postotak riješenosti ima drugi zadatak, čak 96%. Zadatci 3,4 i 7 također imaju velike postotke riješenosti, redom: 90%, 86% i 89%. Zanimljivo je uočiti veliku razliku u postotku riješenosti između petog i šestog zadatka, od čak 26%, a kontekst ta dva zadatka je jednak. Zadatci 7, 8 i 9 provjeravaju proporcionalno zaključivanje. Ostali zadatci provjeravaju različite oblike hipotetsko-deduktivnog zaključivanja i kontrole varijabli. U nekim zadacima je potrebno postaviti hipotezu, osmisliti eksperiment u kojem bi ju testirali te pri

osmišljavanju eksperimenta koristiti kontrolu varijabli. U nekim zadacima se traži analiza podataka, uz kontrolu varijabli, da bi se izveo valjan zaključak. Srednja vrijednost postotka riješenosti tih zadataka iznosi 71%, dok je srednja vrijednost postotka riješenosti zadataka koji uključuju proporcionalno razmišljanje 79%. Iako je postotak riješenosti zadataka koji uključuju proporcionalno razmišljanje viši od postotka riješenosti zadataka koji uključuju hipotetsko-deduktivno zaključivanje i kontrolu varijabli očekivao se bolji rezultat u tim zadacima.

3.5. Dodatni zadatci - analiza po pojedinim zadacima

3.5.1. Zadatak 1.

1.1. Balon napušemo i stavimo iznad svijeće. Balon vrlo brzo pukne. Zatim balon napunimo vodom i stavimo iznad svijeće. Balon ne pukne, ali postane crn (čađav) od plamena svijeće. Zašto balon nije puknuo? Moguće objašnjenje je da voda u početnom trenutku hladi balon te na njemu nastaje čađa koja štiti balon od pucanja. Kako biste testirali predloženo rješenje?

- A. Balon napušemo i stavimo iznad plamena dvije svijeće.
- B. Balon napunimo vodom i stavimo iznad plamena dvije svijeće.
- C. Balon napušemo, premažemo čađom i stavimo iznad plamena svijeće.
- D. Balon napunimo vodom, premažemo čađom i stavimo iznad plamena svijeće.
- E. Balon napunimo vodom, premažemo čađom i stavimo iznad plamena dvije svijeće.

1.2. Koji bi ishod vašeg pokusa pokazao da je predloženo objašnjenje najvjerojatnije krivo?

- A. Napuhani balon je pukao.
- B. Napuhani balon nije pukao.
- C. Balon napunjen vodom je pukao.
- D. Balon napunjen vodom nije pukao.

Odgovor	Zadatak 1.1./ % studenata	Zadatak 1.2. /% studenata
A	0	81
B	8	3
C	84	9
D	3	4
E	5	-
Ostalo	0	2

Tablica 3.14: Rezultati prvog zadatka

Rezultati prvog zadatka prikazani su u Tablici 3.14. Iz Tablice 3.14 vidi se da je zadatak 1.1. točno riješilo 84% studenata. Zadatak 1.2. točno je riješilo 81% studenata. Oba zadatka točno je riješilo 79% studenata. Najučestaliji krivi odgovori u zadatku 1.1. su odgovor B i zaokružilo ga je 8% studenata te odgovor E kojeg je zaokružilo 5% studenata. Postotak studenata koji su točno odgovorili na zadatak 1.1., a krivo na zadatak 1.2. iznosi 4%. Oni smatraju da je ishod pokusa koji pokazuje da je predloženo objašnjenje najvjerojatnije krivo taj da balon ne pukne, a tim ishodom bi se zapravo hipoteza potvrdila. Postotak riješenosti ovog zadatka je zadovoljavajući. Ovaj zadatak provjerava hipotetsko-deduktivno zaključivanje i kontrolu varijabli te je postotak riješenosti ovog zadatka viši od postotaka riješenosti 11. i 12. zadatka u Lawsonovom testu. Pretpostavlja se da je razlog tomu jednostavniji i poznatiji kontekst zadatka te jasno i precizno postavljen zadatak i ponuđeni odgovori.

3.5.2. Zadatak 2.

2. Dva učenika uranjaju tijela ovješena o dinamometar u vodu i uočavaju da se očitavanje na dinamometru u vodi (D_v) smanji u odnosu na očitavanje u zraku (D_z), zbog sile uzgona kojom voda djeluje na uronjeno tijelo prema gore. Silu uzgona mogu odrediti kao razliku $D_z - D_v$. Učenici žele istražiti o čemu ovisi sila uzgona. Pretpostavljaju da bi uzgon mogao ovisiti o raznim veličinama, kao što su masa, uronjeni volumen tijela i vrsta tekućine. Njihova je prva hipoteza da će uzgon biti veći za tijela veće mase. Koji bi od predloženih pokusa mogao biti dobar eksperimentalni test za hipotezu?
 - A. Uronit će (potpuno) u istu tekućinu tijela različitih masa i različitih volumena, i mjeriti silu uzgona.
 - B. Uronit će (potpuno) u različite tekućine tijela različitih masa i različitih volumena, i mjeriti silu uzgona.
 - C. Uronit će (potpuno) u različite tekućine tijela jednakih masa i različitih volumena, i mjeriti silu uzgona.
 - D. Uronit će (potpuno) u istu tekućinu tijela različitih masa i jednakih volumena, i mjeriti silu uzgona.

Odgovor	Zadatak 2/ % studenata
A	2
B	0
C	1
D	96
Ostalo	1

Tablica 3.15: Rezultati drugog zadatka

Rezultati drugog zadatka prikazani su u Tablici 3.15. Zadatak 2. provjerava hipotetsko-deduktivno zaključivanje i kontrolu varijabli. Iz Tablice 3.15 vidimo da je 96% studenata točno odgovorilo na zadatak 2. Kao krive odgovore studenti su zaokružili odgovore A i C, međutim postotak studenata koji su zaokružili te odgovore je vrlo mali. U ovom zadatku naglasak je na testiranju hipoteze, određivanju relevantnih fizikalnih veličina i kontroliranju varijabli. Uočava se da je postotak riješenosti ovog zadatka znatno viši od postotka riješenosti svih zadataka iz Lawsonovog testa koji zahtijevaju iste ove kognitivne sposobnosti. Najvjerojatniji razlog za to je jednostavan kontekst ovog zadatka i jasno definirani ponuđeni pokusi.

3.5.3. Zadatak 3.

3. Pokusom su učenici ustanovili da uzgon ne ovisi o masi tijela. Sljedeća je učenička hipoteza da je sila uzgona veća u gušćim tekućinama. Da bi je testirali, učenici planiraju potpuno uranjati (jedno po jedno) dva tijela A i B, različitih masa, načinjena od različitih tvari ($\rho_A < \rho_B$), a jednakog volumena, u tri tekućine različitih gustoća ($\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$). Učenici će mjeriti silu uzgona (F) na pojedino tijelo u pojedinoj tekućini. Koji bi od navedenih ishoda pokusa podržao njihovu hipotezu?

- A. $F_{A1} < F_{A2} < F_{A3}$; $F_{B1} < F_{B2} < F_{B3}$
- B. $F_{A1} > F_{A2} > F_{A3}$; $F_{B1} > F_{B2} > F_{B3}$
- C. $F_{A1} > F_{A2} > F_{A3}$; $F_{B1} < F_{B2} < F_{B3}$
- D. $F_{A1} < F_{A2} < F_{A3}$; $F_{B1} > F_{B2} > F_{B3}$

Odgovor	Zadatak 3. /% studenata
A	90
B	3
C	5
D	3
Ostalo	1

Tablica 3.16: Rezultati trećeg zadatka.

U Tablici 3.16 prikazani su rezultati trećeg zadatka. Točan odgovor na treći zadatak zaokružilo je 90% studenata. Postotak riješenosti ovog zadatka je visok i očekivan. Ovaj zadatak provjerava hipotetsko-deduktivno zaključivanje i kontrolu varijabli. Usporedimo li rezultate ovog i prijašnjih zadataka s rezultatima zadataka Lawsonovog testa koji provjeravaju navedena konceptualna područja, može se zaključiti se da su ovi dodatni zadatci bolje značajno bolje riješeni što ukazuje da na to da su konteksti zadataka u Lawsonovom testu kompliciraniji i da su bili zbunjujući za studente. Pojednostavljanjem konteksta zadatka uočava se da studenti u jednostavnim situacijama mogu razmišljati hipotetski-deduktivno i primjenjivati kontrolu varijabli.

3.5.4. Zadatak 4.

4. Tijekom dugog trčanja tjelesna temperatura se povećava i dolazi do znojenja. Ako trkač ne uzima dovoljno tekućine kako bi nadomjestio tekućinu izgubljenu znojenjem dolazi do dehidracije. Gubitak vode od 2% ili više dovodi do dehidracije, a tjelesna temperatura od 40°C ili više dovodi do toplinskog udara.

Na slici je prikazana simulacija temeljena na modelu koji izračunava volumen znoja, gubitak vode i tjelesnu temperaturu trkača nakon jednosatnog trčanja. U simulaciji se mogu mijenjati temperatura zraka, vlažnost zraka te se može odrediti je li trkač uzimao vodu ili ne.

Koje biste podatke prikupili pomoću simulacije da odredite koja je najviša temperatura zraka pri kojoj neka osoba može trčati sat vremena, a da ne doživi toplinski udar, kad je vlažnost zraka 40%?

- Pokrenuli bi nekoliko različitih simulacija u kojima bi postavili da je temperatura zraka 40°C, trkač uzima vodu, a mijenjali bi vrijednosti vlažnosti zraka.
- Pokrenuli bi nekoliko različitih simulacija u kojima bi postavili da je temperatura zraka 20°C, trkač ne uzima vodu, a mijenjali bi vrijednosti vlažnosti zraka.
- Pokrenuli bi nekoliko različitih simulacija u kojima bi postavili da je vlažnost zraka 40%, trkač uzima vodu, a mijenjali bi vrijednosti temperature zraka.
- Pokrenuli bi dvije različite simulacije u kojima bi postavili da je temperatura zraka 40°C, vlažnost zraka 40%, a mijenjali bi uzima li trkač vodu ili ne.
- Pokrenuli bi dvije različite simulacije u kojima bi postavili da je temperatura zraka 20°C, vlažnost zraka 40%, a mijenjali bi uzima li trkač vodu ili ne.

Temperatura zraka (°C)	Vlažnost zraka (%)	Uzimanje vode	Volumen znoja (u litrama)	Gubitak vode (%)	Tjelesna temperatura (°C)

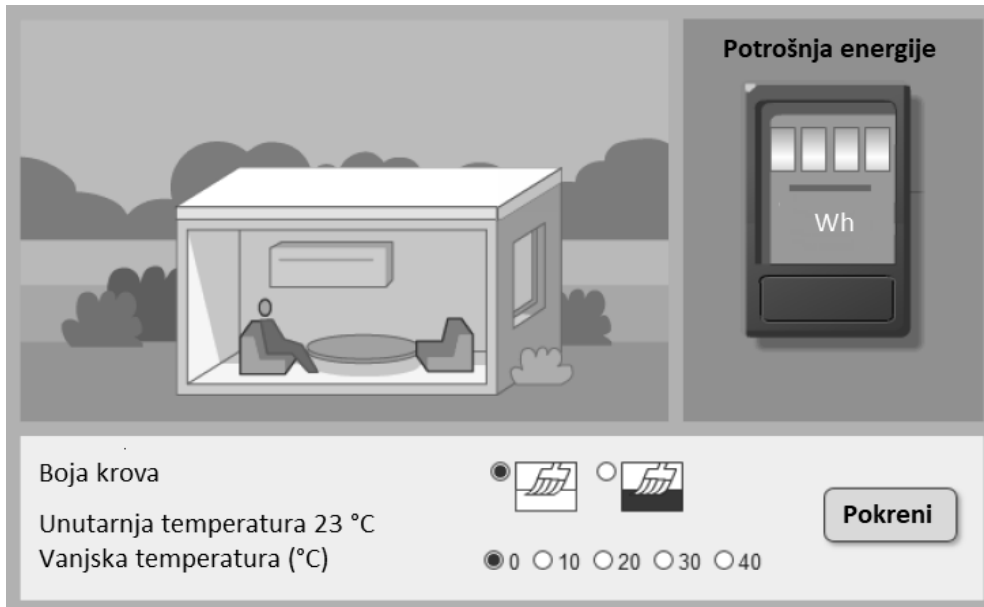
Odgovor	Zadatak 4/ % studenata
A	0
B	2
C	86
D	6
E	1
Ostalo	5

Tablica 3.17: Rezultati četvrtog zadatka

U Tablici 3.17 prikazani su rezultati četvrtog zadatka. Iz Tablice 3.17 vidi se da je postotak riješenosti ovog zadatka 86%. Ovi studenti ustanovili su da moraju dvije varijable držati stalnima (vlažnost zraka te činjenica da trkač uzima vodu) te bi na taj način prikupili potrebne podatke. Najučestaliji krivi odgovor je D i zaokružilo ga je 6% studenata. Ovi studenti napravili bi dvije simulacije u kojima su postavljeni uvjeti pod kojima se provjerava hoće li doći do dehidracije trkača, a ne traži se odgovor na pitanje postavljeno zadatku (na kojoj najvišoj temperaturi osoba ne doživi toplinski udar pri vlažnosti zraka 40%) Studenti koji su zaokružili ovaj odgovor nemaju razvijeno hipotetsko-deduktivno zaključivanje. Postotak studenata koji nisu odgovorili na pitanje je 5%. Vjerojatno je tim studentima zadatak bio predug za čitanje.

3.5.5. Zadatak 5.

5.1. Simulacija omogućuje izračun potrošnje energije na grijanje ili hlađenje da bi se unutarnja temperatura u kući održavala na 23°C za različite vanjske temperature i boje krovova. U tablici se nalaze podatci nekoliko mjerenja.



Mjerenje	Vanjska temperatura (°C)	Boja krova	Potrošnja energije (Wh)
1	10	bijeli	5800
2	10	crveni	5200
3	20	bijeli	1800
4	20	crveni	3200
5	30	bijeli	3400
6	30	crveni	4000

Što biste mogli zaključiti o potrošnji energije na temelju podataka?

- A. Na 30°C i više, kuća s bijelim krovom troši više energije nego kuća s crvenim krovom.
- B. Na 20°C i niže, kuća s crvenim krovom troši manje energije nego kuća s bijelim krovom.
- C. Na 20°C i više, kuća s bijelim krovom troši više energije nego kuća s crvenim krovom.
- D. Na 10°C i niže, kuća s crvenim krovom troši manje energije nego kuća s bijelim krovom.
- E. Na 10°C i više, kuća s crvenim krovom troši više energije nego kuća s bijelim krovom.

5.2. Na temelju kojih ste mjerenja došli do zaključka? (Možete zaokružiti više mjerenja.)

1 2 3 4 5 6

Odgovor	Zadatak 5.1./ % studenata
A	0
B	7
C	1
D	78
E	6
Ostalo	7

Tablica 3.18: Rezultati 4.1. zadatka

Odgovor	1 i 2	1, 2, 3, 4, 5 i 6	1, 2, 3 i 4	Ostalo
Zadatak 5.2./ % studenata	40	30	15	15

Tablica 3.19: Rezultati 4.2. zadatka

U Tablici 3.18 prikazani su rezultati zadatka 5.1. Iz nje se vidi da je točan odgovor na 5.1. zadatak zaokružilo 78% studenata. Ovi studenti točno su odredili varijablu koju trebaju držati konstantnom, a to je vanjska temperatura te su odredili da je varijabla koju mijenjaju pri izvođenju eksperimenta boja krova. Na temelju izmjerene potrošnje energije došli su do ispravnog zaključka. Odgovor B zaokružilo je 7% studenata. Pretpostavlja se da su oni promatrali samo mjerenja 1 i 2, ne obazirući se na mjerenja 3 i 4 iako su zaključili o potrošnji energije na 20° C (i manje). Odgovor E zaokružilo je 6% studenata. Moguće je da ti studenti nisu pročitali tekst odgovora s razumijevanjem. U tom odgovoru se navodi da kuća s crvenim krovom troši više energije nego kuća s bijelim krovom na 10° C i više, a iz mjerenja 1 i 2 se jasno vidi da ta tvrdnja ne vrijedi. Pet studenata nije odgovorilo na pitanje, a dva studenta su kao točan odgovor zaokružili D i E. Točan odgovor na zadatak 5.2. zaokružilo je samo 40% studenata što je ujedno i postotak studenata koji su točno odgovorili na oba zadatka. U zadatku 5.2. kao točan odgovor dovoljno je zaokružiti mjerenja 1 i 2. Postotak studenata koji su točno odgovorili na zadatak 5.1., a zaokružili kriva mjerenja u zadatku 5.2. iznosi 38%. Čak 30% studenata kao odgovor u 5.2. zadatku zaokružilo je svih 6 mjerenja. Oni su vjerojatno pomoću svih tih mjerenja provjeravali točnost svih navedenih tvrdnji. Mjerenja 1, 2, 3 i 4 zaokružilo je 15% studenata. Ovo je također dosta visok postotak studenata. Vjerojatno su ovi studenti zaokružili i mjerenja 3 i 4 jer su pomoću njih utvrdili da na temperaturi većoj od 10° C ne vrijedi tvrdnja D iz 5.1. zadatka. Pod ostalo spadaju studenti koji nisu odgovorili na zadatak (5% od

ukupnog broja studenata), koji su zaokružili samo jedno mjerenje ili neke druge kombinacije mjerenja koje su se pojavile u jako malom postotku. Postotak riješenosti ovog zadatka jako je nizak. Većina studenata izvela je točan zaključak u zadatku 5.1. međutim problem je nastao u odabiru mjerenja pomoću kojeg su izveli zaključak. Rezultati pokazuju da je ovaj zadatak studentima bio težak i da neki od njih imaju poteškoća u interpretaciji podataka.

3.5.6. Zadatak 6.

6.1. Na temelju podataka iz simulacije, što možete zaključiti o odnosu između vanjske temperature i potrošnje energije ?

- A. Kada se vanjska temperatura poveća, potrošnja energije se poveća.
- B. Kada se vanjska temperatura smanji, potrošnja energije se smanji.
- C. Kada se razlika između vanjske i unutarnje temperatura poveća, potrošnja energije se poveća.
- D. Kada se razlika između vanjske i unutarnje temperatura smanji, potrošnja energije se poveća.

6.2. Na temelju kojih ste mjerenja došli do zaključka? (Možete zaokružiti više mjerenja.)

1 2 3 4 5 6

Odgovor	Zadatak 6.1./ % studenata
A	0
B	0
C	89
D	4
Ostalo	7

Tablica 3.20: Rezultati 6.1. zadatka

Odgovor	1, 3 i 5	2, 4 i 6	1, 2, 3, 4, 5 i 6	Bilo koja dva mjerenja	1, 2, 5 i 6	ostalo
Zadatak 6.2./ % studenata	24	2	42	11	5	16

Tablica 3.21: Rezultati 6.2. zadatka

U Tablici 3.19 prikazani su rezultati 6.1. zadatka. Zadatak 6.1. točno je riješilo 89% studenata. Niti jedan ponuđeni odgovor nije zaokružilo 7% studenata. Točan odgovor u zadatku 6.2. zaokružilo je 68% studenata. Kao točan odgovor u 6.2 zadatku priznaju se odabiri mjerenja

1, 3, 5 ili 2, 4, 6 ili 1, 2, 3, 4, 5, 6. U ovom zadatku uočava se problem pri bodovanju. Pri davanju točnog odgovora u 6.1. zadatku potrebno je usporediti mjerenja 1, 3 i 5 ili 2, 4 i 6, tj. treba se promatrati mjerenja za jednaku boju krova. Studenti koji su u 6.2. zadatku zaokružili svih šest ponuđenih odgovora možda su zasebno proučavali mjerenja 1, 3 i 5 te 2, 4 i 6 pa su kao odgovor zaokružili svih šest mjerenja, ali mogli su zaokružiti svih šest mjerenja i bez pravilnog načina zaključivanja te dobiti bod bez obzira jesu li proveli pravilan slijed zaključivanja. U zadatku 6.2. pojavljuju se različiti odgovori. Samo dva mjerenja zaokružilo je 11% studenata. Pod kategoriju „ostalo“ spadaju studenti koji su zaokružili različite netočne kombinacije odgovora u malim postotcima i studenti koji nisu zaokružili niti jedno mjerenje (6% od ukupnog broja studenata). Točan odgovor na oba pitanja dalo je 66% studenata. Uočava se velika razlika u postotku riješenosti zadatka 5 u odnosu na zadatak 4. Postotak riješenosti šestog zadatka je za 26% veća od riješenosti petog zadatka unatoč tome što je kontekst zadataka jednak. Moguće je da je razlog tomu upravo činjenica da su se u zadatku 6.2. kao točan odgovor priznavali oni odgovori u kojima je zaokruženo svih šest mjerenja. Na taj način je postotak studenata koji su točno odgovorili na zadatke 6.1. i 6.2. značajno veći od broja studenata koji su točno odgovorili na zadatke 5.1. i 5.2. Zadatci 5 i 6 provjeravaju hipotetsko-deduktivno zaključivanje i kontrolu varijabli kod interpretacije podataka dobivenih mjerenjem. Uočava se da je postotak riješenosti ovog zadatka niži od postotka riješenosti prvog, drugog, trećeg i četvrtog zadatka koji provjeravaju isto područje zaključivanja. Pretpostavlja se da je razlog tomu malo kompliciraniji kontekst s kojim se susreću prvi put. Također, zadatak je duži nego prethodni pa se pretpostavlja da je studentima bilo zamorno čitati tekst i analizirati veći broj mjerenja te je taj manjak koncentracije doveo do lošijih rezultata.

3.5.7. Zadatak 7.

7. Infuzija se koristi za unošenje tekućina ili lijekova u organizam. Medicinska sestra treba izračunati brzinu kapanja (K) u kapima po minuti. Pritom koristi formulu $K = \frac{d \cdot V}{60 n}$ gdje je:

d – faktor kapanja izražen u kapima po mililitru

V – volumen infuzije u mililitrima

n – broj sati potreban da se potroši cijela boca infuzije

Medicinska sestra treba promijeniti bocu infuzije trima bolesnicima koji su svi prije toga primili jednaku bocu infuzije.

Prvom bolesniku medicinska sestra treba dva puta produžiti vrijeme koje je potrebno da se cijela infuzija potroši.

Kako se promijeni K ako se faktor kapanja i volumen nove boce ne promijene?

- A. K se poveća 2 puta.
- B. K se poveća 120 puta.
- C. K se smanji 2 puta.
- D. K se smanji 120 puta.
- E. K se poveća za 2.
- F. K se poveća za 120.

Odgovor	Zadatak 7./ % studenata
A	5
B	0
C	89
D	2
E	0
F	0
Ostalo	4

Tablica 3.22: Rezultati sedmog zadatka

U sedmom zadatku provjerava se obrnuto proporcionalno razmišljanje. U Tablici 3.22 prikazani su rezultati sedmog zadatka. Točan odgovor zaokružilo je 89% studenata. Najčešći krivi odgovor je A i zaokružilo ga je 5% studenata. Postotak riješenosti ovog zadatka je visok. Usporedimo li rezultate ovog zadatka s rezultatima zadataka iz Lawsonovog testa koji provjeravaju proporcionalno razmišljanje, uočava se da je postotak riješenosti sedmog zadatka dodatnog testa znatno viši. Moguće obrazloženje je to da među ponuđenim odgovorima sedmog zadatka ne postoji odgovor u kojem se brzina kapanja smanji za dva puta što bi odgovaralo aditivnom zaključivanju umjesto obrnuto proporcionalnom.

3.5.8. Zadatak 8.

8. Drugom bolesniku medicinska sestra donese novu bocu infuzije čiji je volumen 3 puta veći od prve boce. Kako se promijeni K ako se vrijeme istjecanja i faktor kapanja ne promijene?
- A. K se poveća 20 puta.
 - B. K se poveća 3 puta.
 - C. K se poveća za 3.
 - D. K se smanji 20 puta.
 - E. K se smanji 3 puta.
 - F. K se smanji za 3.

Odgovor	Zadatak 8. /% studenata
A	0
B	72
C	20
D	1
E	2
F	0
Ostalo	5

Tablica 3.23: Rezultati osmog zadatka

U osmom zadatku provjerava se proporcionalno razmišljanje. U Tablici 3.23 prikazani su rezultati osnovog zadatka. Točan odgovor zaokružilo je 72% studenata, a najčešći krivi odgovor je C i zaokružilo ga je 20% studenata. Studenti koji su zaokružili odgovor C razmišljaju aditivno, a ne proporcionalno. Rezultati osmog zadatka su približno jednaki rezultatima koje su studenti ostvarili na zadacima Lawsonovog testa koji provjeravaju proporcionalno razmišljanje. Rezultati su također lošiji od očekivanog te je time potvrđeno da određeni broj studenata ne razmišlja proporcionalno već aditivno i ne primjećuje razliku između ta dva razmišljanja. Moguće je da su neki studenti u brzini odgovorili C ne razmišljajući o razlici između odgovora B i C. Vjerojatno im tijekom školovanja nije naglašena razlika između tih odgovora. Da je zadatak bio numerički zadan, vjerojatno neki od njih ne bi imali poteškoća s rješavanjem.

3.5.9. Zadatak 9.

9. Trećem bolesniku medicinska sestra donese novu bocu infuzije jednakog volumena kao i prije, ali mu stavi novu cjevčicu čiji je faktor kapanja d dva puta manji. Vrijeme potrebno da se nova boca infuzije potroši poveća se tri puta. Kako se promijeni K ?
- A. K se poveća 6 puta.
 - B. K se poveća 3 puta.
 - C. K se poveća 2 puta.
 - D. K se smanji 6 puta.
 - E. K se smanji 3 puta.
 - F. K se smanji 2 puta.

Odgovor	Zadatak 9. /% studenata
A	2
B	0
C	5
D	76
E	1
F	10
Ostalo	5

Tablica 3.24: Rezultati devetog zadatka

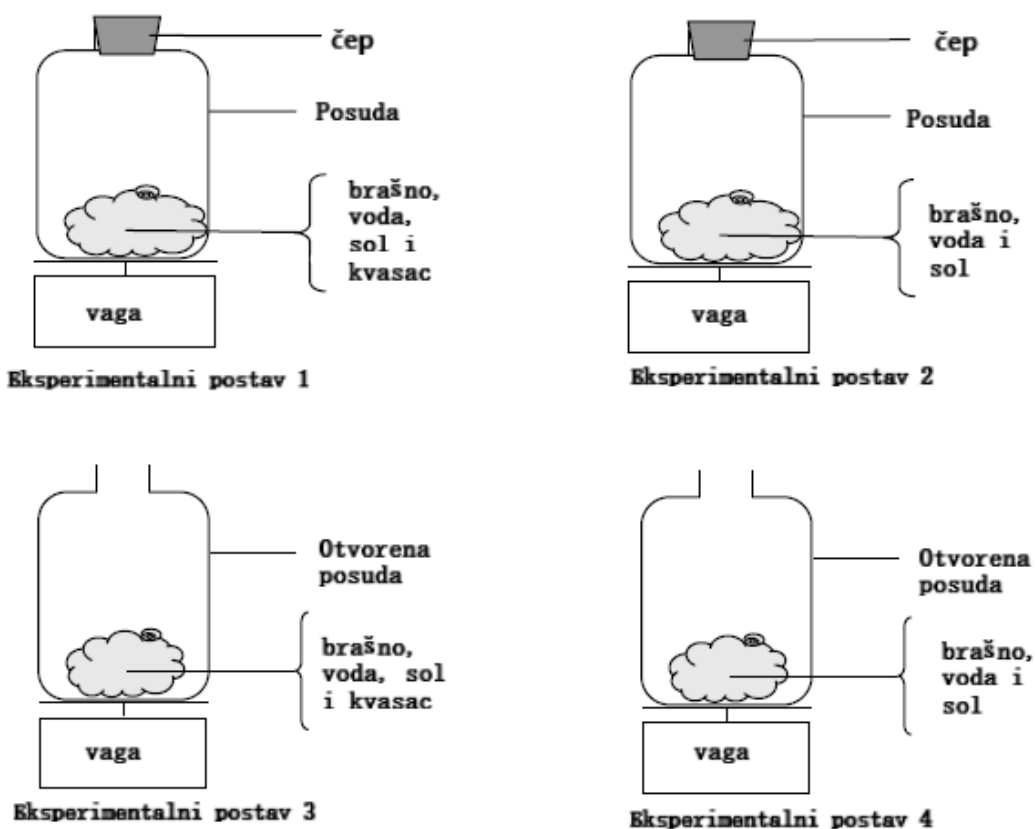
U devetom zadatku provjerava se i proporcionalno i obrnuto proporcionalno razmišljanje, odnosno mijenjaju se dvije varijable istovremeno. U Tablici 3.24 prikazani se rezultati devetog zadatka te se uočava da je 76% studenata odgovorilo točno. Najučestaliji krivi odgovor je F i zaokružilo ga je 10% studenata. Vjerojatno su ovi studenti uzeli u obzir samo dio zadatka u kojem se navodi da se faktor kapanja d smanji dva puta.

Promatrajući rezultate sedmog, osmog i devetog zadatka uočavamo da je najniži postotak riješenosti imao zadatak za koji se očekivalo da je najlakši, odnosno osmi zadatak u kojem se provjerava proporcionalno razmišljanje. Budući da je kontekst zadataka jednak nije jasno zašto je upravo taj zadatak imao najniži postotak riješenosti.

3.5.10. Zadatak 10.

10. Kako bi napravio tijesto za kruh, pekar je umijesio brašno, vodu, sol i kvasac. Nakon što je sve izmiješao, tijesto je ostavio u posudi nekoliko sati kako bi se odvio proces fermentacije. Tijekom fermentacije dolazi do kemijske reakcije u tijestu, kvasac omogućava da se škrob i šećeri iz tijesta pretvore u ugljikov dioksid i alkohol.

Kada je pekar ponovo uzeo tijesto, izvagao ga je te uočio da mu se masa smanjila. Pekar je odlučio provesti eksperiment da otkrije razlog smanjenju mase. Masa tijesta na početku mjerenja jednaka je u sva četiri eksperimentalna postava prikazana na slici. Koja dva eksperimentalna postava pekar treba usporediti kako bi testirao utječe li kvasac na gubitak mase?



- A. Pekar treba usporediti eksperimentalne postavke 1 i 2.
- B. Pekar treba usporediti eksperimentalne postavke 1 i 3.
- C. Pekar treba usporediti eksperimentalne postavke 2 i 4.
- D. Pekar treba usporediti eksperimentalne postavke 3 i 4.

Odgovor	Zadatak 10/ % studenata
A	46
B	7
C	3
D	37
Ostalo	6

Tablica 3.25: Rezultati desetog zadatka

U Tablici 3.25. prikazani su rezultati sedmog zadatka. Točan odgovor zaokružilo je samo 37% studenata. Studenti koji su točno odgovorili na zadatak zaključili su da se eksperiment mora izvesti pomoću otvorene posude kako bi se promjena u masi (ako do nje dođe) mogla uočiti. Također, ispravno su zaključili da se postav eksperimenta mora razlikovati samo u jednoj stvari, a to je prisustvo kvasca. Uočava se da je 46% studenata zaokružilo krivi odgovor, tj. odgovor A. Ovi studenti vodili su računa da u jednom eksperimentu kvasac bude prisutan, a u drugom ne. Međutim, u pokusima 1 i 2 prisutan je i čep zbog kojeg ništa iz posude ne bi mogli izaći u okolinu i pekar ne bi mogao provjeriti utječe li kvasac na gubitak mase. Ovaj zadatak je postigao jako nizak postotak riješenosti. U zadatku se provjerava hipotetsko-deduktivno zaključivanje i kontrola varijabli te je po postotku riješenosti usporediv sa šestim zadatkom Lawsonovog testa. Postotak riješenosti ovog zadatka puno je niži od očekivanog. Mogući razlog tomu je što je ovo bio zadnji zadatak testa od 37 pitanja te su studenti na kraju bili umorni i dekoncentrirani. Moguće je da je studentima FER-a ovaj kontekst bio težak jer se trebalo uzeti u obzir da tijekom fermentacije nastaje ugljikov dioksid koji je plin i može izaći iz posude ako je otvorena. Neki studenti vjerojatno nisu do kraja shvatili kontekst zadatka, tj. što se događa s tijestom u procesu fermentacije.

Zaključak

U ovom istraživanju sudjelovalo je 187 studenata prve godine na Fakultetu elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu koji su rješavali Lawsonov test koji mjeri sposobnost znanstvenog zaključivanja. Obrada rezultata testiranja provedenih 2017. i 2018. godine pokazala je da ne postoji statistički značajna razlika između rezultata dvije generacije studenata te su se u daljnjoj analizi ti rezultati promatrali kao jedna cjelina. Lawsonov test bodovan je na dva načina. Pri bodovanju po pojedinačnim zadacima postotak ostvarenih bodova iznosio je $(78 \pm 14)\%$, a pri bodovanju po parovima zadataka $(70 \pm 17)\%$. Iako strože, bodovanje po parovima zadataka vjerojatno daje realniju sliku razvijenosti znanstvenog razmišljanja i logičkog zaključivanja kod studenata jer smanjuje mogućnost pogađanja točnih odgovora. Iako se rezultati čine dosta dobrima, oni pokazuju da jedan dio studenata ima poteškoća sa znanstvenim načinom razmišljanja.

Rezultati ovog istraživanja uspoređeni su s rezultatima sličnih istraživanja provedenih u svijetu. Usporedba rezultata studenata FER-a sa studentima prirodoslovnih i tehničkih fakulteta u Kini i SAD-u koji su sudjelovali u istraživanju koje su proveli Bao i koautori [5] pokazala je da su studenti FER-a postigli nešto bolje rezultate i od studenata u Kini i od studenata u SAD-u. Nadalje, usporedba rezultata istraživanja provedenog u Zagrebu s istraživanjem u SAD-u koje su proveli Moore i Rubbo [6] također je pokazala da su studenti FER-a ostvarili bolje rezultate u svim područjima zaključivanja, što je i bilo očekivano, s obzirom na to da američki studenti nisu bili iz STEM područja. Posebna razlika uočila se kod proporcionalnog zaključivanja, studenti FER-a postigli su otprilike 50% bolje rezultate na zadacima koji uključuju proporcionalno razmišljanje. Posljednje istraživanje s kojim su uspoređeni rezultati ovog istraživanja je istraživanje koje su proveli Ding i koautori [8]. Studenti FER-a postigli su bolje rezultate u područjima zaključivanja koji uključuju kontrolu varijabli, korelacijsko razmišljanje te probabilističko razmišljanje, dok su u zadacima koji uključuju proporcionalno i hipotetsko-deduktivno razmišljanje postigli rezultate usporedive rezultatima Dingovih ispitanika.

Iz rezultata prvog testiranja provedenog 2017. godine uočeno je da studenti najviše poteškoća imaju s kontroliranjem varijabli i hipotetsko-deduktivnim zaključivanjem te su konstruirani dodatni zadatci koji ispituju te oblike znanstvenog zaključivanja te su uključeni u testiranje provedeno 2018. godine. Postotak riješenosti tih dodatnih zadataka je $(73 \pm 18)\%$. Rezultati pokazuju da neki studenti imaju značajne poteškoće s hipotetsko-deduktivnim

zaključivanjem i kontroliranjem varijabli i u tim dodatnim zadacima. U dodatne zadatke uključeni su i tri zadatka koji testiraju neke aspekte proporcionalnog zaključivanja koji nisu obuhvaćeni Lawsonovim testom. Rezultati na tim zadacima isto ukazuju na to da dio studenata ima poteškoće u proporcionalnom zaključivanju na temelju funkcionalne ovisnosti zadanih veličina.

Postavlja se pitanje što budući i sadašnji nastavnici mogu učiniti kako bi pomogli svojim učenicima, odnosno studentima, da bolje razviju sposobnost znanstvenog načina razmišljanja i logičkog zaključivanja. U školama i na sveučilištima Republike Hrvatske još uvijek je većinski prisutna frontalna nastava. Neki od razloga tome su: prevelik obujam gradiva koji se tijekom školske godine mora obraditi, veliki broj nastavnika koji predaje nije obrazovan u pogledu istraživački usmjerene nastave, nezadovoljstvo nastavnika uvjetima rada te se to projicira na uloženo vrijeme nastavnika na pripremu sata, manjak financijske podrške i tako dalje. Istraživanja znanstvenog zaključivanja kod učenika i studenata pokazuju da se treba primjenjivati što je više moguće istraživački usmjerena nastava [9]. Potrebno je usredotočiti se i na način poučavanja, a ne samo na sadržaj. Potrebno je učenike stavljati u situacije u kojima sami rješavaju probleme, samostalno istražuju nove pojave i donose zaključke. Budući da su nastavnici ograničeni vremenom i količinom gradiva potrebno je kombinirati različite stilove nastave, neke poznate stilove izmijeniti i prilagoditi svojim potrebama i potrebama učenika. Tijekom izvođenja pokusa u nastavi potrebno je učenike poticati da sami postavljaju hipoteze, osmišljavaju pokuse, predviđaju rezultate, donose zaključke te da u okviru vremena koje imaju i samostalno te pokuse izvode. Također, i u matematici i u fizici, odnose između veličina ili otkrivanje svojstava objekata može se provoditi koristeći različite modele, simulacije, aplikacije i nastavne listiće. Primjenom istraživački usmjerene nastave potiče se razvoj znanstvenog razmišljanja i logičkog zaključivanja učenika i studenata. Na taj način priprema ih se za daljnje školovanje i rad te snalaženje u životu.

Literatura

- [1] L. Berk, *Dječja razvojna psihologija*, Naklada Slap, Jastrebarsko, 2015.
- [2] A. Opitz, M. Heene, F. Fischer, *Measuring scientific reasoning – a review of test instruments*, *Educ. Res. Eval.* 23 (2017), 78–101.
- [3] A. E. Lawson, *The development and validation of classroom test of formal reasoning*, *J. Res. Sci. Teach.* 15 (1978), 11–24.
- [4] A. E. Lawson, B. Clark, E. Cramer-Meldrum, K. A. Falconer, J. M. Sequist, Y.-J. Kwon, *Development of scientific reasoning in college biology: Do two levels of general hypothesis-testing skills exist?*, *J. Res. Sci. Teach.* 37 (2000), 81–101.
- [5] L. Bao, T. Cai, K. Koenig, K. Fang, J. Han, J. Wang, Q. Liu, L. Ding, L. Cui, Y. Lou, Y. Wang, L. Li, N. Wu, *Learning and scientific reasoning*. *Science*, 323 (2009), 586–587.
- [6] J. C. Moore, L. J. Rubbo, *Scientific reasoning abilities of non-science majors in physics-based courses*, *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.* 8 (2012), 010106.
- [7] J. C. Moore, *Transitional to formal operational: Using authentic research experiences to get non-science students to think more like scientist*, *Eur. J. Phys.* 3 (2012), 1–12.
- [8] L. Ding, X. Wei, K. Mollehan, *Does higher education improve student scientific reasoning skills?*, *Int. J. Sci. Math. Educ.* 14 (2016), 619–634.
- [9] V. P. Coletta, J. A. Phillips, *Interpreting FCI scores: Normalized gain, pre-instruction scores, and scientific reasoning ability*, *Am. J. Phys.* 73 (2005), 1172–1182.
- [10] OECD, PISA 2015 released field trial cognitive items, dostupno na <http://www.oecd.org/pisa/test/PISA2015-Released-FT-Cognitive-Items.pdf> (lipanj, 2018.)
- [11] OECD, PISA released items – science, December 2006, dostupno na <https://www.oecd.org/pisa/38709385.pdf> (lipanj, 2018.)

Sažetak

U ovom diplomskom radu provedeno je istraživanje o znanstvenom razmišljanju i logičkom zaključivanju studenata u dvije etape. Prva etapa bila je testiranje 90 studenata prve godine na Fakultetu elektrotehnike i računarstva (FER) Sveučilišta u Zagrebu provedeno 2017. godine koristeći Lawsonov test znanstvenog zaključivanja. Rezultati su pokazali da su neki studenti imali poteškoća s kontrolom varijabli i hipotetsko-deduktivnim zaključivanjem. Kako bi se detaljnije ispitale te studentske poteškoće, konstruirani su dodatni zadatci te je provedeno novo testiranje 97 studenata prve godine FER-a 2018. godine. Analiza rezultata studenata na Lawsonovom testu nije pokazala statistički značajnu razliku između dvije generacije studenata, pa su dalje analizirani ujedinjeni podatci. Lawsonov test sastoji se od parova zadataka višestrukog izbora koji traže odgovor i odgovarajuće obrazloženje, a mogu se bodovati pojedinačno ili u parovima. Postotak točnih odgovora bio je $(78 \pm 14)\%$ za bodovanje po pojedinačnim zadacima te $(70 \pm 17)\%$ za bodovanje po parovima zadataka. Hrvatski studenti su postigli nešto bolje rezultate od odgovarajućih kineskih i američkih studenata. Kao što je već spomenuto, neki studenti imali su poteškoća s hipotetsko-deduktivnim zaključivanjem i kontrolom varijabli što je dodatno ispitano novim zadacima. Postotak točnih odgovora na dodatnom dijelu testa bio je $(73 \pm 18)\%$ što je potvrdilo studentske poteškoće s tim aspektima znanstvenog zaključivanja. Rezultati ovog istraživanja upućuju na to da je potrebno češće koristiti istraživački usmjerenu nastavu.

Summary

In this diploma thesis, a research on student scientific thinking and logical reasoning was carried out in two stages. The first stage was an assessment of 90 first year students at the Faculty of Electrical Engineering and Computing (FER), University of Zagreb conducted in 2017, using Lawson's test of scientific reasoning. The results showed that some students struggled with control of variables and hypothetical-deductive reasoning. In order to explore these student difficulties in more details, additional test items were constructed, and new assessment of 97 first year FER students was conducted in 2018. The analysis of students' results on the Lawson's test did not show any statistically significant difference between the two generations of students, so the unified data were further analyzed. Lawson's test is composed of two tier multiple-choice items that ask for an answer and corresponding explanation, and they can be scored individually or in pairs. The percentage of correct answers was $(78 \pm 14)\%$ for individual scoring, and it was $(70 \pm 17)\%$ for pair-scoring. Croatian students obtained somewhat better results than corresponding Chinese and U.S. students. As already mentioned, some students had difficulties with hypothetical-deductive reasoning and control of variables that was further investigated with additional test items. The percentage of correct answers on the additional part of the test was $(73 \pm 18)\%$ that confirmed student difficulties with these aspects of scientific reasoning. The results of this study suggest that inquiry-based teaching should be used more frequently.

Životopis

Karla Menegoni rođena je 31. ožujka 1994. godine u Novoj Gradiški gdje je pohađala osnovnu školu Ljudevita Gaja. Uz osnovnu školu pohađa i osnovnu glazbenu školu Pučko otvoreno učilište „MAR“. 2008. godine upisala je Opću gimnaziju Nova Gradiška. 2012. godine upisala je integrirani preddiplomski i diplomski sveučilišni studij matematike i fizike, nastavničkog smjera na Prirodoslovno- matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Na trećoj godini studija postaje aktivan član „Fizike expres“ te u sljedećim godinama redovito volontira na projektu „Otvoreni dani PMF-a“ i predstavlja Fizički odsjek PMF-a na Smotri Sveučilišta u Zagrebu. Karla Menegoni bila je član Matematičkog vijeća te je akademske godine 2016./ 2017. sudjelovala u organizaciji projekta Primatijada.