

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Saša OGRIZEK

**MNENJA DIJAKOV O BIOLOGIJI
IN NANOBIOLOGIJI**

MAGISTRSKO DELO

Ljubljana, 2015

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Saša OGRIZEK

MNENJA DIJAKOV O BIOLOGIJI IN NANOBIOLOGIJI

MAGISTRSKO DELO

**HIGH SCHOOL STUDENTS' ATTITUDES
TOWARDS BIOLOGY AND NANOBIOLOGY**

M. SC. THESIS

Ljubljana, 2015

Magistrsko delo je bilo opravljeno na Katedri za metodiko biološkega izobraževanja Oddelka za biologijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani in predstavlja zaključek podiplomskega študija biologije. Izvedba raziskave je potekala na Gimnaziji Celje - Center.

Na podlagi Statuta Univerze v Ljubljani ter po sklepu Senata Biotehniške fakultete z dne 2. 6. 2014 je bilo potrjeno, da kandidatka izpolnjuje pogoje za magistrski Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti ter opravljanje magisterija znanosti s področja biologije. Za mentorja je bil imenovan doc. dr. Iztok Tomažič.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednica: prof. dr. Damjana DROBNE
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Članica: doc. dr. Jelka STRGAR
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Članica: prof. dr. Barbara BAJD
Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta, Oddelek za biologijo,
kemijo in gospodinjstvo

Datum zagovora: 16. 11. 2015

Podpisana izjavljam, da je naloga rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Saša Ogrizek

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Md
DK UDK 57:004.85:373.5(043.2)=163.6
KG znanje/učenje/poučevanje/mnenje/biologija/nanobiologija/gimnazija
AV OGRIZEK, Saša, univ. dipl. biologinja in prof. biologije
SA TOMAŽIČ, Iztok (mentor)
KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti, področje biologije
LI 2015
IN MNENJA DIJAKOV O BIOLOGIJI IN NANOBIOLOGIJI
TD Magistrsko delo
OP XI, 106 str., 13 sl., 15 pregl., 1 pril., 105 ref.
IJ sl
JI sl/en

AI Revolucionarni razvoj na področju »nano« obeta osupljive rešitve v različni sferah človekovega delovanja, hkrati pa se kažejo znaki potencialne nevarnosti za človeka in okolje. Dileme, ki se bodo pojavile zaradi tega, bodo zahtevale sprejemanje družbeno ustreznih odločitev. Pri tem pa bosta imela odločilno vlogo med seboj povezana znanje in stališča do tega področja. Ker bomo v prihodnosti potrebovali znanje o nanobiologiji, smo želeli ugotoviti, kakšno je trenutno znanje srednješolcev o nanodelcih in nanobiologiji, od kod izvira to znanje, kakšno je mnenje dijakov o biologiji in nanobiologiji, kako na ti mnenji vplivata starost in spol dijakov, kakšne so korelacije med mnenjem dijakov o biologiji z zanimanjem za učenje o nanobiologiji ter kako se zanimanje za nanobiologijo izraža v znanju dijakov o nanobiologiji. V raziskavi, ki smo jo opravili na eni od celjskih gimnaziji, je sodelovalo 310 dijakov vseh štirih letnikov. Podatke smo dobili s pomočjo anketnega vprašalnika, v katerem smo mnenja o biologiji in nanobiologiji ugotavljali s pomočjo 5-stopenjske Likertove lestvice, znanje o nanobiologiji pa z različnimi tipi nalog. Raziskava je pokazala, da spol na mnenje dijakov o biologiji in nanobiologiji nima vpliva, prav tako starost dijakov ne vpliva na njihovo mnenje o nanobiologiji, imajo pa mlajši dijaki pozitivnejše mnenje o biologiji v primerjavi s starejšimi. Glavni vir informacij o nanodelcih za dijake sta splet in poljudnoznanstvene revije. Splošno znanje dijakov o nanodelcih in nanobiologiji je nizko, dijaki pa se v znanju glede na letnik in na spol med seboj pomembno ne razlikujejo. Korelacije med mnenjem dijakov o biologiji in zanimanjem za učenje o nanobiologiji so izkazovale srednje vrednosti, nizko vrednost pa smo zaznali pri korelaciji med zanimanjem za učenje o nanobiologiji in znanjem o nanobiologiji. Na splošno se dekleta in fantje v kritičnosti do napredka nanobiologije pomembno ne razlikujejo. Dokler teme o nanobiologiji niso del kurikula, je treba dijake motivirati za samostojno iskanje informacij o novih spoznanjih in jih hkrati »opremiti« s strategijami, ki jim bodo omogočale kvalitetno naravoslovno razmišljanje in kritično mišljenje.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Md
DC UDK 57:004.85:373.5(043.2)=163.6
CX knowledge/learning/teaching/attitude/biology/nanobiology/high school
AU OGRIZEK, Saša
AA TOMAŽIČ, Iztok (supervisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Postgraduate Study of Biological and Biotechnical Sciences, Field: Biology
PY 2015
TI HIGH SCHOOL STUDENTS' ATTITUDES TOWARDS BIOLOGY AND NANOBIOLOGY
DT M.Sc. Thesis
NO XI, 106 p., 13 fig., 15 tab., 1 ann., 105 ref.
LA sl
AL sl/en

AB Revolutionary development in the area of »nano« anticipates amazing solutions in different spheres of human activities but at the same time potentially endangers humans and our environment. Dilemmas that will stem in this area will require making socially adequate decisions where the correlated knowledge and attitudes towards the area will have the most important role. We will definitely need the knowledge of nanobiology, so we decided to find out the current level of secondary school students' knowledge about nanoparticles and nanobiology, the origins of it, students' attitudes towards biology and nanobiology, the influence of their age on those attitudes, what the correlations between the attitude towards biology and the interest to study about nanobiology are and how the interest in nanobiology reflects students' knowledge about the science. 310 students attending four different grades in one of high schools in Celje took part in the research. All the data were gathered by using questionnaires in which the opinions on biology and nanobiology were established by using 5-level Likert scale, and the knowledge about nanobiology with different types of tasks. According to the research, gender does not affect students' attitude towards biology or nanobiology and the age of the students does not affect their opinion on nanobiology but younger students think more positively about biology in comparison to older ones. Students' main sources of information are the internet and popular scientific magazines. Their general knowledge of nanoparticles is limited, regardless of the grade and gender of the students. The correlations between the students' attitude to biology and their interest in studying about nanobiology indicated medium values, but we noticed lower values in the correlations between the interest in studying about nanobiology and the knowledge of it. There is no essential difference between boys and girls when it comes to being critical to the development of nanobiology. Until the topics of nanobiology become part of the national curriculum students need to be encouraged to follow new information on their own and at the same time they have to become familiar with the strategies allowing them to develop quality natural science way of thinking and to be critical.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VIII
Kazalo slik	IX
Kazalo prilog	X
Okrajšave in simboli	XI
1 UVOD.....	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA.....	2
1.2 CILJI RAZISKAVE.....	3
1.3 HIPOTEZE	3
2 PREGLED OBJAV.....	4
2.1 PREDMET BIOLOGIJA V PROGRAMU GIMNAZIJA.....	4
2.2 UČENJE ZA ZNANJE	6
2.2.1 Pouk.....	7
2.2.2 Poučevanje	8
2.2.3 Učenje.....	9
2.2.4 Znanje	10
2.2.4.1 Naravoslovno znanje osnovnošolcev (raziskava TIMSS 2011)	11
2.2.4.2 Naravoslovno znanje 15-letnikov (raziskava OECD PISA 2012)	12
2.2.4.3 Znanje biologije po končanem gimnazijskem programu.....	13
2.2.5 Ocenjevanje	15
2.2.5.1 Bloomova taksonomija znanja	15
2.2.5.2 Marzanova taksonomija znanja.....	16
2.3 STALIŠČA DO BIOLOGIJE	18
2.3.1 Vpliv starosti na mnenje o biologiji.....	19
2.3.2 Vpliv spola na mnenje o biologiji	20
2.3.3 Vpliv učiteljev in načina poučevanja na mnenje o biologiji.....	21

2.3.4	Povezava med mnenji dijakov o biologiji in njihovimi učnimi dosežki ...	23
2.4	NANODISCIPLINE	24
2.5	NANODELCI	26
2.5.1	Klasifikacija nanodelcev	26
2.5.2	Izvor nanodelcev	27
2.5.3	Lastnosti nanodelcev	28
2.5.4	Uporabnost nanodelcev	28
2.5.4.1	Uporaba nanodelcev v medicini.....	28
2.5.4.2	Uporaba nanodelcev v živilski industriji	30
2.5.4.3	Nanoremediacije	31
2.5.5	Vpliv nanodelcev na zdravje	31
2.6	STALIŠČA DO NANOBIOLOGIJE.....	33
3	MATERIAL IN METODE DELA	36
3.1	VZOREC.....	36
3.2	INSTRUMENT	37
3.2.1	Faktorska analiza vprašalnika o mnenju dijakov o biologiji.....	38
3.2.2	Faktorska analiza vprašalnika o mnenju dijakov o nanobiologiji	39
3.3	STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV.....	42
4	REZULTATI	43
4.1	SPLOŠNA ANALIZA VPRAŠALNIKA.....	43
4.1.1	Faktorska analiza mnenj o biologiji.....	43
4.1.2	Faktorska analiza mnenj o nanobiologiji	43
4.1.3	Opisna in inferenčna statistika trditev o biologiji po letnikih	44
4.1.4	Opisna in inferenčna statistika mnenj o biologiji po spolu	46
4.1.5	Opisna in inferenčna statistika mnenj o nanobiologiji po letnikih.....	48
4.1.6	Opisna in inferenčna statistika mnenj o nanobiologiji po spolu.....	50
4.1.7	Analiza znanja o nanobiologiji po letnikih	52
4.1.8	Analiza znanja o nanobiologiji po spolu dijakov	55
4.1.9	Analiza odgovorov pri nalogah tipa »drži, ne drži, ne vem«	58
4.1.10	Analiza odgovorov pri nalogah izbirnega tipa	60
4.2	ANALIZA VPRAŠALNIKA GLEDE NA HIPOTEZE.....	61
4.2.1	Primerjava mnenj o biologiji in nanobiologiji glede na letnik in spol	61

4.2.1.1	Primerjava mnenj o biologiji glede na letnik	61
4.2.1.2	Primerjava mnenj o biologiji glede na spol	63
4.2.1.3	Primerjava mnenj o nanobiologiji glede na letnik	64
4.2.1.4	Primerjava mnenj o nanobiologiji glede na spol.....	65
4.2.2	Vir informacij o nanodelcih	66
4.2.2.1	Vir informacij o nanodelci glede na letnik.....	67
4.2.2.2	Vir informacij o nanodelci glede na spol	68
4.2.3	Primerjava znanja o nanobiologiji glede na letnik	69
4.2.4	Korelacije med mnenji o biologiji z zanimanjem za učenje o nanobiologiji ter znanjem o nanobiologiji	71
4.2.5	Vpliv spola na stališče do napredka nanobiologije	73
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	74
5.1	RAZPRAVA	74
5.1.1	Vpliv starosti in spola dijakov na mnenje o biologiji in nanobiologiji.....	75
5.1.1.1	Vpliv starosti dijakov na mnenje o biologiji.....	75
5.1.1.2	Vpliv starosti dijakov na mnenje o nanobiologiji	77
5.1.1.3	Vpliv spola dijakov na mnenje o biologiji	79
5.1.1.4	Vpliv spola dijakov na mnenje o nanobiologiji	80
5.1.2	Viri informacij o nanodelcih	81
5.1.3	Znanje dijakov o nanobiologiji	82
5.1.4	Korelacija med mnenjem o biologiji, zanimanjem za učenje nanobiologije in znanjem o nanobiologiji	84
5.1.5	Vpliv spola na stališče do napredka nanobiologije	87
5.2	SKLEPI	88
6	POVZETEK (SUMMARY)	91
6.1	POVZETEK	91
6.2	SUMMARY	93
7	VIRI.....	95
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Pregl. 1: Opisna statistika končnega vzorca glede na letnik in spol dijakov.....	36
Pregl. 2: Razporeditev trditev o stališčih do biologije v posamezne faktorje	39
Pregl. 3: Razporeditev trditev o stališčih do nanobiologije v posamezne faktorje.....	41
Pregl. 4: Mnenje dijakov o biologiji.....	43
Pregl. 5: Mnenje dijakov o nanobiologiji	43
Pregl. 6: Opisna in inferenčna statistika mnenj o biologiji po letnikih	45
Pregl. 7: Opisna in inferenčna statistika mnenj o biologiji po spolu.....	47
Pregl. 8: Opisna in inferenčna statistika mnenj o nanobiologiji po letnikih.....	49
Pregl. 9: Opisna in inferenčna statistika mnenj o nanobiologiji po spolu	51
Pregl. 10: Primerjava znanja o nanobiologiji glede na letnike (naloge tipa pravilno/napačno)	53
Pregl. 11: Primerjava znanja o nanobiologiji glede na letnike (izbirni tip vprašanj).....	54
Pregl. 12: Primerjava znanja o nanobiologiji glede na spol dijakov (naloge tipa pravilno/napačno)	55
Pregl. 13: Primerjava znanja o nanobiologiji glede na spol dijakov (izbirni tip vprašanj)	56
Pregl. 14: Analiza odgovorov pri nalogah tipa »drži, ne drži, ne vem«.....	59
Pregl. 15: Analiza odgovorov na vprašanja izbirnega tipa.....	60

KAZALO SLIK

	str.
Sl. 1: Štiri generacije produktov - časovni načrt za začetek industrijske izdelave prototipov in komercializacije nanotehnologij (Roco, 2005: 1).....	24
Sl. 2: Klasifikacija nanodelcev glede na njihovo dimenzionalnost, morfologijo, sestavo, enotnost in aglomeracijo (Buzea in sod., 2007: 27)	27
Sl. 3: Sistemi dostavljanja zdravil z nanodelci v primerjavi z ostalimi skalami (Wilczewska in sod., 2012: 1021)	30
Sl. 4: Primerjava znanja o nanobiologiji glede na spol	57
Sl. 5: Primerjava mnenj o biologiji glede na letnik	62
Sl. 6: Primerjava mnenj o biologiji glede na spol	63
Sl. 7: Primerjava mnenj o nanobiologiji glede na letnik	64
Sl. 8: Primerjava mnenj o nanobiologiji glede na spol.....	65
Sl. 9: Vir informacij o nanodelcih	66
Sl. 10: Vir informacij o nanodelcih glede na letnik.....	67
Sl. 11: Vir informacij o nanodelcih glede na spol	68
Sl. 12: Primerjava znanja o nanobiologiji glede na letnik.....	70
Sl. 13: Korelacije med posameznimi kategorijami mnenja o biologiji in zanimanjem za učenje o nanobiologiji ter posledičnim znanjem o nanobiologiji.....	72

KAZALO PRILOG

PRILOGA A Anketni vprašalnik

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

KMO	Kaiser-Meyer-Olkinov test
OECD	Organizacija za ekonomsko sodelovanje in razvoj
PISA	Program mednarodne primerjave dosežkov učencev
SPSS	programski paket za statistične analize
TIMSS	Mednarodna raziskava trendov znanja matematike in naravoslovja
AChE	acetilholinesteraza
SWCNT	enoplastne ogljikove nanocevke
MWCNT	večplastne ogljikove nanocevke
CB	črni ogljik
GO	grafenov oksid
C ₆₀	fuleren
Cu-C	z ogljikom prevlečen baker
SPIO	superparamagnetni železovi oksidi

1 UVOD

Učni načrt za biologijo (Vilhar in sod., 2008) predvideva, da morajo dijaki pri pouku biologije razvijati biološko in naravoslovno pismenost ter si pridobiti splošno biološko izobrazbo, ki jim bo omogočala sprejemanje informiranih osebnih in družbenih odločitev s področja biologije (npr. referendum, odločitve o postopkih zdravljenja, skrb za varstvo narave in okolja). Čeprav se vsi ne bodo odločili za poklicno pot v naravoslovju, bodo mnogi imeli velik vpliv na nadaljnji razvoj naše družbe (preko ekonomije, politike ...). Zato mora program biologije v gimnaziji zagotoviti takšno splošno razgledanost o sodobnih bioloških dognanjih, ki bo dijakom omogočala nadgradnjo pridobljenega znanja z novimi znanstvenimi spoznanji, ki jih sedaj še ne moremo predvideti (sposobnost za vseživljenjsko učenje).

V današnjem času je naravoslovje postalo temelj za blaginjo na vsakem področju našega življenja. Zato so pomembne aktivnosti med poukom, ki omogočajo razvijanje naravoslovnega načina razmišljanja (Shabbir Ali in Sher Awan, 2013). Eden temeljnih ciljev sodobnega izobraževanja je tudi, da bi dijaki obvladali učinkovito in kritično mišljenje, ki bi se kazalo kot sposobnost analiziranja, vrednotenja in oblikovanja argumentov, kot sposobnost reševanja problemov oziroma raziskovanja in odkrivanja ter sposobnost refleksije družbeno relevantnih vprašanj kot osrednje značilnost kritičnega misleca (Rupnik Vec, 2010).

V zadnjih desetletjih je biologija doživela osupljiv napredek in ena izmed novih disciplin biologije je tudi nanobiologija. V učnem načrtu teme o »nano« niso vključene, res pa je, da učni načrt predvideva, da bodo učitelji v pouk vključevali nove in aktualne vsebine.

Nanomateriali (snovi, ki vsebujejo nanodelce) s posebnimi lastnostmi postajajo naš vsakdanjik. Tako so v nekaterih kozmetičnih izdelkih prisotni zaradi zmanjševanja znakov staranja, v hladilnikih premazi z nanodelci onemogočajo razvoj bakterij, v različnih sredstvih za impregnacijo tkanin in lesa pa preprečujejo, da bi se umazanija prijela na površino. Tudi medicina, varovanje okolja in energetika so področja, na

katerih bo nanotehnologija prinesla revolucionarne novosti. Ob vseh obetavnih napovedih smo lahko tudi zaskrbljeni, saj zelo malo vemo o tem, kako nanodelci delujejo na žive organizme, prav tako pa zakonodaja na tem področju močno zaostaja za razvojem (Planinšič, 2007).

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Nanomateriali vsekakor napovedujejo revolucionarno obetavne rešitve v različni sferah človekovega delovanja, a ker hkrati za človeštvo predstavljajo potencialno nevarnost, je potrebno, da preverimo, kakšno je znanje in poznavanje dejstev naših dijakov o nanodelcih in nanobiologiji, seveda pa tudi, kakšno je zavedanje koristi in tveganj na tem področju in v kakšni meri na to poznavanje in zavedanje vplivajo stališča do biologije. V luči podpore pri izgrajevanju znanja dijakov je torej pomembno poznavanje njihovega mnenja oziroma stališč in interesa do tega področja. Stališča s svojimi čustvenimi in vedenjskimi sestavinami vplivajo na vedenje in čustvovanje dijakov in se lahko pod vplivom novih spoznanj spreminjajo (Marentič Požarnik, 2000). To dejstvo v povezavi z novimi spoznanji v biologiji/nanobiologiji, ki jih lahko učitelji na določenih primerih, kljub temu, da niso del učnega načrta, vključijo v pouk, pa od učiteljev vsaj do neke mere zahteva tudi nove pristope poučevanja. Da bi lahko v celoti ustrezno načrtovali načine obravnavanja novih vsebin, pa moramo vedeti, kakšne so predstave dijakov o teh vsebinah in njihova stališča do njih. Na eni strani se tako lahko v veliki meri izognemo napačnim predstavam dijakov, do katerih lahko pride, če ne dobijo informacij na primeren način, na drugi strani pa z izbiro učnih metod in strategij lahko vplivamo na oblikovanje stališč oziroma na njihovo mnenje in posledično tudi na učne dosežke, torej na znanje. Gledano širše pa je poznavanje stališč dijakov pomembno tudi zato, ker lahko ta stališča predstavljajo izhodišče za ustrezen razvoj kritičnega pogleda na novosti področja pri študentih bioloških znanosti.

1.2 CILJI RAZISKAVE

Z našo raziskavo smo želeli ugotoviti:

1. ali se mnenje dijakov o biologiji in o nanobiologiji spreminja s starostjo;
2. ali na mnenje dijakov o biologiji in nanobiologiji vpliva spol;
3. kateri so glavni viri informacij o nanobiologiji;
4. ali mnenje o biologiji vpliva na mnenje o nanobiologiji in posledično na znanje o nanodelcih;
5. kakšno je znanje dijakov o nanodelcih;
6. ali imajo dijaki višjih letnikov več znanja o nanodelcih;
7. ali so dijakinje v primerjavi s fanti bolj kritične do novih tehnologij, kamor lahko štejemo tudi nanobiologijo.

1.3 HIPOTEZE

Na osnovi ciljev raziskave smo postavili naslednje hipoteze:

1. Mnenje o predmetu biologija kot tudi mnenje o nanobiologiji se pri slovenskih gimnazijcih s starostjo (nižji–višji letniki) ne spreminjata, prav tako pa na ta mnenja ne vpliva spol.
2. Glavna vira informacij o nanodelcih za gimnazijce sta televizija in splet.
3. Splošno znanje dijakov o nanodelcih je ne glede na mnenje o biologiji nizko, vendar imajo dijaki višjih letnikov več znanja o nanobiologiji.
4. Dijaki, ki imajo pozitivnejše mnenje o biologiji, imajo večji interes za učenje o nanodelcih in nanobiologiji ter posledično več znanja o tem področju.
5. Diakinje so v primerjavi z dijaki bolj kritične do novih tehnologij, vključno z nanobiologijo.

2 PREGLED OBJAV

2.1 PREDMET BIOLOGIJA V PROGRAMU GIMNAZIJA

V programu gimnazije je 16 obveznih predmetov, med katerimi je tudi biologija. Biologija je sodobna naravoslovna znanost, ki proučuje žive sisteme. Znanje o življenju je pomemben del splošne izobrazbe vsakega posameznika, saj omogoča naravoslovno razumevanje sveta in sprejemanje pomembnih družbenih odločitev (Vilhar in sod., 2008).

V učnem načrtu za biologijo (Vilhar in sod., 2008) je v obveznem programu predvidenih 210 ur, ki se praviloma izvedejo v prvih treh letnikih v naslednjih učnih sklopih: življenje (4 ure), zgradba in delovanje celice (40 ur), geni in dedovanje (26 ur), evolucija (25 ur), zgradba in delovanje organizmov (70 ur) in ekologija (45 ur).

Iz fonda nerazporejenih ur lahko posamezne šole pri izbirnem programu biologiji namenijo še 35, 70 ali 105 ur. Dijaki, ki opravljajo maturo iz predmeta biologija, morajo imeti še vsaj dodatnih 105 ur biologije, od tega je 25 ur namenjeno biologiji celice, 20 fiziologiji človeka, 30 ekologiji, biodiverziteti in evoluciji ter 30 znanstvenim metodam dela (Vilhar in sod., 2008).

Glavni cilji pouka biologije so: izgradnja mreže znanja, sposobnost kompleksnega razmišljanja, znanstveni način razmišljanja, sposobnost za aktivno državljanstvo, naravoslovna pismenost, sposobnost za komuniciranje in argumentirano razpravo (Vilhar in sod., 2008).

Učni načrt za biologijo (Vilhar in sod., 2008) je zasnovan tako, da posamezni vsebinski skopi obsegajo enega ali več konceptov in tem so podrejeni cilji, ki vodijo dijake k razumevanju posameznih konceptov. Koncepti zajemajo celostno razumevanje posameznih področij biologije, delno pa nakazujejo tudi povezave med njimi.

Od dijakov, ki zaključijo program splošne gimnazije, se pričakuje, da ne samo razumejo biološke koncepte, ampak, da jih znajo med seboj ustrezno povezati in pridobljeno znanje uporabiti v drugačnih ali novih situacijah.

Učitelj mora pouk biologije načrtovati tako, da pri dijakih razvija procesne cilje, med katerimi izpostavljam naslednje:

- Sposobnost kompleksnega razmišljanja in povezovanja znanja.
- Zmožnost iskanja bioloških informacij in kritične presoje strokovne korektnosti bioloških informacij iz različnih virov.
- Sposobnost za samostojno in skupinsko delo ter ustrezno komunikacijo v različnih situacijah.
- Zavedanje o uporabi izsledkov sodobne biološke znanosti v različnih poklicih oziroma različnih področjih človekovega udejstvovanja (npr. kmetijstvo, živilstvo, medicina, biotehnologija).
- Sposobnost za kritično presojo o posegih v življenje in naravo ter o uporabi biološkega znanja v različnih tehnologijah (odgovorno ravnanje in ohranjanje zdravja) ter sposobnost za samostojno odločanje in aktivno vključevanje v razprave o etičnih dilemah, povezanih z uporabo biološkega znanja.
- Ozaveščenost o nujnosti trajnostnega razvoja in o tem, da biološka znanost lahko prispeva k blaginji človeštva, trajnostni rabi naravnih virov, ohranjanju narave in k zagotavljanju ustreznih razmer za preživetje ter nadaljnji razvoj človeške družbe na lokalni, nacionalni in globalni ravni (Vilhar in sod., 2008).

2.2 UČENJE ZA ZNANJE

Tisto, k čemur naj bi težili vsi, ki se ukvarjamo z izobraževanjem na katerikoli stopnji, je:

- razvijanje kakovostnega in trajnostnega znanja pri učečih,
- obvladanje široke palete znanj, procesov in veščin učečih,
- razvoj samostojnega, ustvarjalnega in kritičnega mišljenja ter presojanja, kar naj bi se odrazilo v usposobljenosti za dovolj samozavestno spopadanje z življenjskimi problemi in njihovo reševanje (Rutar Ilc in Sentočnik, 2001).

Napredek znanosti in tehnike, ki ima korenine predvsem v drugi polovici prejšnjega stoletja, je zahteval temeljito prenovo delovanja šolskega sistema (Rutar Ilc, 2003). V skladu z didaktično prenovo gimnazij smo prešli iz učnosnovnega k učinkovitemu in procesnemu pristopu z namenom povečanja aktivnosti dijakov. Pri tem imamo v mislih predvsem to, da učitelj s svojim delovanjem postopoma in sistematično spodbudi miselno aktivnost oziroma miselne procese dijakov z aktivnimi metodami dela (Rutar Ilc, 2005). A kot ugotavlja Štefanc (2011), nobena učna metoda ali oblika sama po sebi ne zagotavlja kakovostnega izobraževalnega učinka; učinek je namreč odvisen od njene uporabe. Tako je lahko uporaba učne metode razlage v kombinaciji s frontalno učno obliko učinkovita za spodbujanje dijakove aktivnosti.

Hitre tehnološke in družbene spremembe z množico komunikacijskih sredstev pa vsekakor zmanjšujejo vlogo učitelja kot »prenašalca« znanja. Dijaki mnogo informacij pridobijo iz drugih virov, ki pa jih težko uredijo in osmislijo. Učitelj mora vse bolj prevzemati vlogo usmerjevalca, ki spodbuja dijake k samostojnemu, urejenemu pridobivanju informacij in izgradnji novega znanja (Izhodišča kurikularne ..., 1996).

Od podajanja končnih resnic naj bi prešli na urjenje v samostojni rabi uma. Dijaki naj zaznavajo probleme, jih opredeljujejo, iščejo poti za njihovo reševanje, analizirajo, povezujejo, presojajo ... To pa je spoznavni proces, kjer ni več poudarek na storilnosti, temveč na ustvarjanju, sodelovanju, raziskovanju (Rutar Ilc in Sentočnik, 2001). Zelo

verjetno bo rezultat takšnega učenja kakovostno znanje, ki bo uporabno v novih situacijah, dijaku bo pomagalo oblikovati celostno podobo sveta, ne nazadnje pa je to tudi dobra popotnica za vse življenjsko izobraževanje (Marentič Požarnik, 2000).

2.2.1 Pouk

Obstaja veliko definicij pouka. Večini definicij je skupno naslednje pojmovanje pouka: da je to načrten, organiziran in smotrno vzgojno-izobraževalni proces, ki poteka znotraj koherentne učne skupine in ga v urejenem okolju vodijo zanj usposobljeni ljudje (Strmčnik, 2001). Tako tudi Tomičeva (1999) zelo podobno pouk definira kot proces, ki je pedagoško osmišljen, sistematičen in namerno organiziran s ciljem vzgajati in izobraževati posameznika.

Najenostavnejša predstavitev pouka je znan didaktični trikotnik: učenci – učitelj – učne vsebine (Tomić, 1999), vendar je kompleksnost pouka veliko večja. To kompleksnost kažejo osrednji klasifikacijski dejavniki pouka: intencionalni (vzgojno-izobraževalni cilji), vsebinski (didaktična transformacija, redukcija in korelacija izjemno kompleksnih učnih predmetov in drugih vsebin), socialni (interakcija učencev, učiteljev in staršev), akcijski (poučevanje, učenje in vzgajanje), psihološki (mišljenje, doživljanje, motiviranje, ravnanje), didaktični (struktura učnega procesa in učne ure, raznovrstne učne strategije), organizacijsko-metodični (učne metode, učne oblike in učna tehnologija) ... (Strmčnik, 2001).

Pouk ima torej tri naloge: izobraževalno, funkcionalno in vzgojno. Bistvo izobraževalne naloge pouka je doseči aktivni in praktični značaj znanja. Prvi spodbuja k aktivnosti in omogoča učencu smotrno delovanje, drugi pa mu omogoča, da pridobljeno znanje tudi praktično uporabi. Razvijanje številnih in raznovrstnih človeških sposobnosti, ki posamezniku omogočajo ustvarjalno delovanje, spadajo med funkcionalne naloge pouka. Tesno prepletanje med nalogami pouka se kaže tudi pri vzgojni nalogi pouka. S pridobivanjem znanja in razvijanjem sposobnosti se vsestransko razvija tudi učenčeva osebnost. Učenec si v učnem procesu razvija sistem vrednot, stališča, motive, navade, podobo o sebi, čut za odgovornost, natančnost, kritičnost ... (Tomić, 1999)

Pri pouku se medsebojno povezujeta poučevanje in učenje. Ključna razlika med njima je, da je poučevanje predvsem interakcija med udeleženci pouka, učenje pa osebna notranja aktivnost učenca (Strmčnik, 1999). Pouk naj bi bil načrtovan tako, da se zmanjša delež poučevanja (aktivnost učitelja) in poveča delež učenja (aktivnost učencev) (Tomić, 1999).

Vendar Štefanc (2005) opozarja, da nekateri avtorji, ki poskušajo odvzeti legitimnost poučevanju, vzpostavljajo vrednostno polarizacijo transmisije vednosti in znanja ter transformacije objekta tako, da izključno procese transformacije znotraj pouka označujejo kot dobre in zaželenne. Konkretna didaktična praksa tega ne more izpeljati, ker je pouk, ki je po definiciji posredovanje vednosti in znanja, vselej hkrati transmisija in transformacija.

2.2.2 Poučevanje

Poučevanje opredeljujemo kot neposredno ali posredno pomoč učencu pri učenju (Tomić, 1999) ali kot pravi Adamič (2005), je poučevanje način učiteljevega vodenja učenja učencev, pri čemer je učiteljeva aktivnost smotrna, načrtovana, sistematična in profesionalna. Učiteljevo delovanje je torej v funkciji aktivnosti in napredka učencev. Njegovo metodično ravnanje vzpostavlja razmerja med vsemi neposrednimi dejavniki pouka. Z vodenjem procesa vpliva na učence tako, da ti s svojimi načini dela bolj in lažje sprejemajo in usvajajo izobraževalno snov, razvijajo ustrezne postopke učenja, vrednotijo usvojeno znanje in izkušnje ter se do njih opredelijo (Kramar, 2003).

Adamič (2005) poudarja, da se učitelj prek učnih oblik odloča o stilu poučevanja. Če bo poučevanje temeljilo na neposrednem odnosu učitelj–učenec in bodo zato učenci v indirektnem odnosu z učno vsebino in metodami dela, kar je značilno za frontalno učno obliko, bo učitelj izvajal direktno poučevanje. Če pa bosta učitelj in učenec v posrednem odnosu, učenci pa bodo v direktnem odnosu z učno vsebino in metodami dela, kar je značilno za skupinsko delo, delo v dvojicah ali individualno delo, bo učitelj izvajal indirektno poučevanje.

Geslo »Od poučevanja k učenju« moramo razumeti kot težnjo, zaradi katere bi prešli iz nepravilne prevlade enih metodičnih vzorcev k bolj uravnoteženi uporabi različnih metod, ki bi nam omogočale uresničitev zastavljenih ciljev in bi bile v skladu s potrebami učencev. Vloga učitelja se na ta način ne bi zmanjšala, nasprotno, dala bi mu zahtevnejšo, bolj diferencirano vlogo. Prav tako to ne pomeni prevlade učenja nad poučevanjem, ampak njuno tesnejšo vzajemno povezanost (Marentič Požarnik, 2005).

2.2.3 Učenje

Učenje je individualno prevzemanje ali preoblikovanje informacij, znanja, razumevanja, stališč, vrednosti, spretnosti, kompetentnosti ali obnašanja kot posledica izkušenj, prakse, študija ali inštrukcij (ISCED/UNESCO, 2011).

Strmčnik (2007) učenje definira »kot pogoj in sredstvo za pridobivanje, ohranjanje in modificiranje deklarativnega védenja ter problemsko-reševalnih spretnosti, izkušenj in sposobnosti, kot integriranje novega v že znane miselne vsebine in strukture, da bi se te razvijale in spreminjale«. Pravi tudi, da podobno razumemo tudi mišljenje. Zaradi nesporne povezanosti se učenje in mišljenje razlikujeta le glede na njuno poudarjeno težišče. Učenje bo uspešnejše, če bomo spodbujali tudi mišljenje, za razvijanje mišljenja, pa moramo racionalno in ustvarjalno usmerjati učenje.

O kakovostnem učenju lahko govorimo, kadar je dijak aktiviran celostno, miselno in čustveno. Takšno učenje označujemo kot aktivno. Zanj je značilno samostojno iskanje in razmišljanje pa tudi postavljanje in preverjanje hipotez ter umeščanje spoznaj v vsakodnevne dejavnosti. Učenje je v tem primeru transakcija, ki se kaže v številnih smiselnih interakcijah med učiteljem in dijaki pa tudi med dijaki. Ključno je, da takšno učenje ni ločeno od izkušenj dijakov in konkretnih življenjskih okoliščinah, kar je značilno za učenje s transmisijo – prenašanjem gotovega znanja (Marentič Požarnik, 2000).

Eden najpomembnejših izobraževalnih ciljev je razvijanje razumevanja. Učenje z razumevanjem je aktivnost, ki omogoča izgrajevanje (konstruiranje) pomena iz novih

informacij: kakšni so odnosi in povezave med novimi idejami ter dejstvi in povezava z že obstoječim znanjem. Pri tem so zelo pomembni koncepti, saj se učenje z razumevanjem vzpostavlja skozi raziskovanje ključnih konceptov. Aktivnosti, pri katerih učenci raziskujejo, pojasnjujejo in nadgrajujejo svoje znanje v kontekstih, nato pa ga posplošijo, vodijo h konceptualnemu razumevanju in razvijanju njihovega mišljenja. (Rutar Ilc, 2011).

2.2.4 Znanje

Enoznačne definicije znanja ni. Kot pravi Marentič Požarnikova (2011), ima znanje več razsežnosti, oblik in ravni. Tako govorimo o vsebinskem ali deklarativnem znanju, ki ga predstavljajo podatki, dejstva, prepričanja, mnenja pa tudi bolj kompleksna vsebinska znanja, kot so razlage, teorije ali interpretacije, in o proceduralnem znanju, ki zajema postopke za uporabo znanja v določenih procesih ali rutinah (mikroskopiranje, obvladovanje računskih operacij ...). Nekoliko manj se omenja strateško ali kondicionalno znanje, ki nam omogoča, da vemo, kdaj, kje in zakaj uporabljamo določeno znanje in postopke (Rutar Ilc, 2003). Ne smemo pa pozabiti na vse bolj aktualno metakognitivno znanje (zavedati se svojega znanja, procesa lastnega spoznavanja, njegovih posebnosti, omejitev ...) (Marentič Požarnik, 2011).

Štefanc ugotavlja (2011), da ima »vsako znanje deklarativno, hkrati pa tudi proceduralno, strateško in vrednostno razsežnost, pri čemer je kot znanje nujno vselej vsebinsko; prav vsebinska razsežnost je namreč tista, ki ima procesni in strateški potencial«.

Po Marentič Požarnikovi (2011) »dobro«, kakovostno znanje, ki je posledica izobraževanja, odlikujejo naslednje značilnosti:

- je razmeroma trajno;
- omogoča globlje razumevanje sebe, narave, družbe in sveta okoli nas;
- je uporabno, saj lahko z njim uspešneje rešujemo podobne teoretične in praktične probleme;

- je celostno, saj omogoča številne povezave znotraj predmetov in tudi med njimi ter omogoča uvid v probleme tega sveta;
- povezuje vsebinsko, proceduralno in tudi strateško znanje;
- v posamezniku vse boljše znanje sproža interes in željo po še večjem znanju;
- obsega tudi razmislek o lastnem spoznavanju;
- vsebuje tudi etično komponento, tudi odgovorno uporabo znanja v skupno dobro.

2.2.4.1 Naravoslovno znanje osnovnošolcev (raziskava TIMSS 2011)

Mednarodna raziskava trendov znanja matematike in naravoslovja TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) meri trende matematičnega in naravoslovnega znanja pri osnovnošolcih. Ker se izvaja vsake štiri leta, omogoča primerjalno spremljanje znanja matematike in naravoslovja pri četrtošolcih in osmošolcih (Japelj Pavešić in sod., 2012).

Osmošolci so v okviru raziskave TIMSS 2011 izkazovali svoje znanje iz štirih področij: biologije, kemije, fizike in vede o Zemlji. Določena so bila tri kognitivna področja: poznavanje, uporaba in sklepanje. Glede na izkazano znanje so učence na lestvici TIMSS razvrstili v štiri skupine: mednarodni mejnik nizke ravni znanja določa 400 točk, mejnik srednje ravni znanja 475 točk, mejnik visoke ravni znanja 550 točk in mejnik najvišje ravni znanja 625 točk na lestvici skupnih naravoslovnih dosežkov. 96 % slovenskih osmošolcev je preseglo mejnik nizke ravni znanja, 82 % srednjega, 48 % visokega in 13 % mejnik najvišje ravni znanja naravoslovja. Delež učencev visokega mejnika znanja se je v Sloveniji od leta 2003 povečal za 15 %, delež slovenskih osmošolcev, ki so dosegli mejnik najvišje ravni naravoslovnega znanja, pa se je od leta 2003 povečal za 7 % (Japelj Pavešić in sod., 2012).

Skupni povprečni naravoslovni dosežek, ki so ga dosegli osmošolci, je 543 točk. Pri biologiji je bil povprečen dosežek 532 točk, pri kemiji 558, pri fiziki 532 in pri vedah o Zemlji 560 točk. S temi rezultati slovenski osmošolci pri biologiji zaostajajo za petimi

državami, pri kemiji za dvema, pri fiziki za štirimi in pri vedah o Zemlji le za Finsko. V primerjavi z letom 2007 je napredek opazen pri kemiji in vedah o Zemlji, medtem ko so dosežki pri biologiji in fiziki v primerjavi z letom 2007 ostali enaki (Japelj Pavešić in sod., 2012).

Slovenija je glede na povprečni skupni dosežek dosegla 8 točk več od povprečja pri poznavanju dejstev in postopkov, enak dosežek pri uporabi znanja in 7 točk manj pri sklepanju. Razliki sta statistično pomembni. Raziskava TIMSS 2011 je tudi pokazala, da pri nas razlik v znanju biologije med dekleti in fanti ni, oboji so med vsemi dosegli 8. mesto (Japelj Pavešić in sod., 2012).

Skrb zbujajoči pa sta ugotovitvi, da se je delež učencev, ki se radi učijo biologijo, iz 46 % leta 2007 zmanjšal na 13 % v letu 2011. Enak trend je opazen tudi pri kemiji (iz 42 % na 16 %) in fiziki (iz 23 % na 7 %). Prav tako pa je za naše osnovnošolce znanje naravoslovja za nadaljnje šolanje in zaposlitev manj pomembno kot za osmošolce velike večine drugih držav. Le 13 % učencev zelo ceni biologijo (Japelj Pavešić in sod., 2012).

2.2.4.2 Naravoslovno znanje 15-letnikov (raziskava OECD PISA 2012)

Program mednarodne primerjave dosežkov dijakinj in dijakov PISA (Programme for International Student Assessment) je dolgoročen projekt primerjanja znanja in spretnosti učenk in učencev v državah članicah Organizacije za ekonomsko sodelovanje in razvoj (OECD) ter državah partnericah. Raziskava je bila v mednarodnem prostoru prvič izvedena leta 2000 in od takrat države na tri leta ugotavljajo ravni bralne, matematične in naravoslovne pismenosti dijakinj in dijakov v starosti 15 let, kar je za večino držav približno ob koncu obveznega izobraževanja. V Sloveniji so v raziskavo vključeni praviloma dijakinje in dijaki 1. letnika srednjih šol. Skupaj s šolami raziskavo PISA v Sloveniji izvaja Pedagoški inštitut. V Sloveniji je v raziskavi 2012 sodelovalo 8.405 dijakinj in dijakov (Štraus in sod., 2013).

Stopnjo naravoslovne pismenosti označuje 6 ravni: v prvo se razvrstijo dijaki, ki dosežejo vsaj 335 točk, v drugo, tisti, ki dosežejo vsaj 409 točk (s to ravno dosežejo

dijaki temeljne naravoslovne kompetence), v tretjo tisti z vsaj 484 točkami, v četrto z vsaj 559 točkami, v peto z vsaj 633 točkami, najvišjo raven pa dosežejo dijaki z vsaj 708 točkami (Štraus in sod., 2013).

Raziskava je pokazala, da so slovenski dosežki v naravoslovni pismenosti glede na prejšnjo raziskavo PISA stabilni. V primerjavi z OECD, kjer 82 % dijakov dosega temeljne naravoslovne kompetence (2. raven), jih v Sloveniji dosega 87 % dijakov. Najvišje naravoslovne kompetence (5. oz. 6. raven) v Sloveniji dosega 10 % dijakov, v državah OECD pa 8 % (Štraus in sod., 2013).

V povprečju so slovenski dijaki in dijakinje dosegli 514 točk, kar je več kot v OECD (501 točka). Slovenija se je tako uvrstila med 20 najuspešnejših držav, njen dosežek pa se statistično pomembno ne razlikuje od dosežkov Nove Zelandije, Švice, Velike Britanije in Češke. 30 % dijakinj in dijakov (enako kot v OECD) dosega 3. raven na lestvici naravoslovne pismenosti, 2. raven 24 % in 4. raven 23 % dijakinj in dijakov, kar skupaj predstavlja tri četrtine vseh 15-letnikov pri nas (Štraus in sod., 2013).

Raziskava je tudi pokazala, da obstaja statistično pomembna razlika med dekleti in fanti. V povprečju so dekleta dosegle 519 točk, fantje pa 510 točk. Je pa razlika po vsebinskem pomenu majhna v primerjavi z razponom ene ravni na lestvici dosežkov (Štraus in sod., 2013).

2.2.4.3 Znanje biologije po končanem gimnazijskem programu

Splošna matura je državni izpit, pri katerem se ocenjuje ciljno določeno znanje, ki se poučuje v gimnaziji in je pomembno za vključitev v univerzitetni študij na več znanstvenih, umetniških ali strokovnih študijskih področjih. Prav tako omogoča domače in mednarodne primerjave, preglednost rezultatov, prepoznavnost stanja in ugotavljanje razvojnih potreb. Splošna matura ureja prehod med gimnazijo in univerzo tako, kot je značilno tudi za evropsko šolstvo (Splošna matura ..., 2014).

Odstotni delež kandidatov, ki opravljajo splošno matura iz biologije, se v zadnjih letih bistveno ne spreminja (približno 16 %). V šolskem letu 2013/2014 je v spomladanskem roku opravljajo matura iz biologije 1.050 kandidatov, ki so v povprečju dosegli 74,5 točk. Povprečna ocena v spomladanskem roku, v katerem opravlja matura velika večina kandidatov, je bila 3,7 (Splošna matura ..., 2014). V spomladanskem roku 2013 je splošno matura iz biologije opravljalo 1.132 kandidatov, povprečno so dosegli 80,3 točke in povprečno oceno 4,0 (Splošna matura ..., 2013). V primerjavi z letom 2013 so kandidati leta 2014 dosegli slabše rezultate, vendar je treba poudariti, da je bila splošna matura iz biologije 2013 po vseh statističnih podatkih prelahka (Splošna matura ..., 2014). Matura 2014 je bila po dosežkih precej podobna tisti iz leta 2012, ko je v spomladanskem roku matura opravljajo 1.081 kandidatov, ki so v povprečju dosegli 76,1 točk in povprečno oceno 3,8 (Splošna matura ..., 2012).

Leta 2016 bo prišlo do spremembe izpitne pole 2. Med sedmimi nalogami izpitne pole 2 bosta dve pokrivali predvsem procesne cilje in eno med njima bodo morali kandidati obvezno izbrati. S tem bodo zagotovili ustrezno preverjanje procesnih ciljev, ki jih trenutno preverja tudi notranja ocena, na žalost pa ta nima visoke korelacije z zunanjo oceno. Nekoliko se bo spremenilo tudi razmerje med točkami izpitne pole 1 in izpitne pole 2, zaradi česar se pričakuje, da bo nov spremenjeni način preverjanja znanja kandidate pri maturitetnem izpitu iz biologije nekoliko bolj diferenciral (Splošna matura ..., 2014).

Ličenova (2014), ki je v diplomski nalogi ugotavljala kakovost in trajnost biološkega znanja pri slovenskih srednješolcih, je ugotovila, da je že pol leta po opravljanju mature znanje manj kakovostno. Medtem ko je bila kakovost biološkega znanja pri skupinah študentov biologije in biokemije zadovoljiva, so slabše znanje in velike vrzeli v znanju zaznali pri študentih dvopredmetnega študija (bodočih učitelji biologije z vezavami). Ker je za vse tri skupine biologija temeljna veda, so pričakovali boljše rezultate.

2.2.5 Ocenjevanje

Marentič Požarnikova (2004) ugotavlja, da ima način vrednotenja znanja bistven vpliv na učenje, pouk in pridobljeno znanje. Če nas pri pouku vodijo taksonomsko strukturirani učni cilji, ki smo jim prilagodili potek pouka, nas pri ocenjevanju znanja zanima, v kakšni meri so ti cilji doseženi. Zato je pri ocenjevanju v učnociljnem pristopu odločilno sistematično oblikovanje vprašanj, nalog in dejavnosti glede na cilje, pri tem pa se držimo taksonomske stopnje, ki nam jo določa cilj (Rutar Ilc, 2005). Kot pomoč pri taksonomskem strukturiranju vprašanj, nalog oziroma dejavnosti uporabljamo Bloomovo in Marzanovo taksonomijo (Rutar Ilc, 2003).

2.2.5.1 Bloomova taksonomija znanja

Bloomova taksonomija loči šest ravni znanja. S 1. ravno se izkazuje znanje prek prepoznave, priklica in obnove dejstev, podatkov, simbolov, definicij, pravil, postopkov ... To raven označujemo kot prepoznavanje. Če zna posameznik povzemati in pojasnjevati s svojimi besedami, opisati na primeru, razbrati podatke z grafov ali zemljevidov ..., izkazuje razumevanje. Za 3. raven znanja je značilna uporaba. V tem primeru posameznik obvlada pojasnjevanje in reševanje problemskih situacij s poznanim principom; napovedovanje učinkov oziroma posledic na osnovi danih podatkov; prepoznavo in utemeljevanje izjem. Sposobnost analiziranja je 4. raven znanja. To raven znanja doseže tisti, ki obvlada analizo odnosov med elementi (med hipotezo in dokazi, predpostavkami in argumenti, vzrokom in posledico) ali analizo med organizacijskimi principi ... 5. raven znanja označujejo naslednje sposobnosti: razvijanje in oblikovanje idej in sporočil, oblikovanje hipotez in načinov za preverjanje hipotez, načrtovanje eksperimentov, izpeljava posplošitev, klasifikacij, modelov, teoretskih zaključkov, priporočanje in načrtovanje idejnih rešitev, utemeljevanje odločitev, upoštevanje različnih mnenj, udeleževanje v diskusijah, koordiniranje ... Skupna oznaka za to stopnjo znanja je sinteza. Najvišjo stopnjo znanja po Bloomovi taksonomiji označuje sposobnost vrednotenja. Kaže se v presoji primernosti, ustreznosti in izčrpnosti podatkov; v primernosti in zanesljivosti opazovanj, postopkov in instrumentarija; v presoji glede na doslednost navedenih argument in dokazov; v presoji

po danih kriterijih in standardih; v prepoznavi predsodkov in emocionalnih faktorjev ... (Rutar Ilc, 2005).

2.2.5.2 Marzanova taksonomija znanja

Marzano in sodelavci zagovarjajo prepletanje vsebinskih vidikov znanj s procesnimi. Takšna znanja so trajna, učinkovita in uporabna v najrazličnejših novih situacijah. Marzanova taksonomija je primernejša za preverjanje procesnih ciljev in ciljev praktičnega pouka (Rutar Ilc, 2005).

Med procesna znanja, ki vsebinska znanja naredijo vseživljenjska, uvrščamo kompleksno razmišljanje (primerjanje, razvrščanje, sklepanje z indukcijo in dedukcijo, analiza napak, abstrahiranje, analiza perspektiv, odločanje, preiskovanje, reševanje problemov, eksperimentalno raziskovanje in preizkušanje, odkrivanje ali invencija ...); delo z viri (zbiranje, izbiranje, analiza, interpretiranje, sinteza, presojanje uporabnosti in vrednosti podatkov ...); predstavljanje idej (jasnost izražanja, učinkovitost komuniciranja z različnim občinstvom in na različne načine, ustvarjanje kakovostnih izdelkov ...) ter sodelovalne veščine (prizadevanje za skupne cilje, uporaba medosebnih veščin, prispevanje k delovanju skupine, prevzemanje različnih vlog v skupini ...) (Rutar Ilc, 2005).

Vsa ta znanja omogočajo učencem/dijakom izoblikovanje miselnih navad: kritičnost, ustvarjalnost, samospoznavanje in samoregulacijo (Rutar Ilc, 2005). Sposobnost kritičnega mišljenja mladega človeka je eden temeljnih ciljev sodobnega izobraževanja (Rupnik Vec, 2010).

Teoretski vidiki kritičnega mišljenja so različni. Če jih omenimo le nekaj: nekateri teoretiki kritično mišljenje pojmujejo kot sposobnost analiziranja, vrednotenja in oblikovanja argumentov; drugi pa poleg argumentacije v koncept dodajajo še druge miselne veščine pa tudi socialno-čustvene motivacijske naravnosti misleca; tretji spet za osrednjo značilnost kritičnega mišljenja označujejo sposobnost reševanja problemov in odločanja oziroma raziskovanja in odkrivanja. Posameznik, ki premore kritično

mišljenje, to pomeni, da loči pomembno od nepomembnega, verjetno od manj verjetnega, da zna ubesediti merila presoje in na osnovi teh tudi presojati, bo v primerjavi z drugimi uspešnejši (Rupnik Vec, 2010).

2.3 STALIŠČA DO BIOLOGIJE

Slovar slovenskega knjižnega jezika (2000) definira **mnenje** kot »kar izraža pozitiven ali negativen odnos do koga, česa«, **odnos** definira »v zvezi z do, kar se izraža, kaže v ocenjevanju, presojanju česa«, medtem ko **stališče** definira kot »kar določa kriterij za presojanje česa; publicistično pa kot mnenje, pogled«.

Stališča so družbeni pojavi, ki se pojavijo iz socialnih interakcij in so vanje tudi vgrajeni (Wood, 2000) ter se oblikujejo v daljšem časovnem obdobju pod vplivom določenih informacij, zgledov in lastnih izkušenj (Marentič Požarnik, 2000). Mayers (2007, cit. po Tomažič, 2010) je stališča definiral kot občutja, ki temeljijo na naših prepričanjih in vplivajo na to, kako se bomo odzvali na dogodke, ljudi in objekte. Stališča do znanosti oziroma do naravoslovja so definirali kot »občutke, prepričanja in vrednote o predmetu, ki je lahko podjetniška znanost, izobraževalna znanost, vpliv znanosti na družbo ali znanstveniki sami« (Osborne in sod., 2003) ali kot »pozitivna ali negativna občutja o naravoslovju, ki temeljijo na prepričanju in naklonjenosti do njega« (Kususanto in sod., 2012).

Raziskovalci na različne načine ugotavljajo mnenja o biologiji oziroma stališča do biologije ali širše do naravoslovja. Kategorije ali kazalniki, s katerimi lahko ugotavljamo stališča do biologije, so interes za biologijo, biologija kot vrednota, pomembnost biologije, nadaljnja poklicna pot, vezana na biologijo, težavnost biologije, vpliv učitelja biologije (Prokop in sod, 2007b).

Raziskava o stališčih do naravoslovja (Osborne in sod., 2003), katerega del je tudi biologija, je za ugotavljanje stališč do naravoslovja vključevala nekoliko drugačne kazalnike: odnos do učitelja naravoslovnega predmeta, tesnoba v povezavi z naravoslovjem, vrednost naravoslovja, samopodoba v naravoslovju, motivacija za naravoslovje, uživanje v naravoslovju, odnos kolegov in prijateljev do naravoslovja, odnos staršev do naravoslovja, dosežki v naravoslovju in strah pred neuspehom.

Shabbir Ali in Sher Awan (2013) sta stališča do znanosti proučevala s pomočjo naslednjih kazalnikov: družbene posledice znanosti, odnos do znanstvenih odkrivanj, uživanje pri pouku naravoslovnih predmetov, zanimanje za naravoslovje v prostem času in poklicna pot vezana na naravoslovje.

Raziskava, ki se je ukvarjala z razvojem kazalnikov, s katerimi bi lahko ugotavljali stališča do naravoslovja, je teoretično začela s sedmimi kazalniki: učenje naravoslovja v šoli, zunajšolske naravoslovne dejavnosti, praktično delo pri predmetih naravoslovja, pomembnost naravoslovja, samopodoba v naravoslovju, nadaljnje delovanje v naravoslovju in splošen odnos do šole. Nadaljnja analiza pa je pokazala, da trije kazalniki: učenje naravoslovja v šoli, zunajšolske naravoslovne dejavnosti in nadaljnje ukvarjanje z naravoslovjem, izkazujejo bolj splošen faktor, ki so ga poimenovali »kombinirano zanimanje za naravoslovje«. Analize so tudi pokazale, da za vse kazalnike velja visoka notranja zanesljivost (Cronbachova $\alpha > 0,7$) (Kind in sod., 2007).

2.3.1 Vpliv starosti na mnenje o biologiji

Raziskave, ki so ugotavljale vpliv starosti dijakov na splošen odnos do biologije, so si nasprotujoče.

Spall in sod. (2004), ki so primerjali stališča od 11 do 16 let starih učencev do fizike in biologije, so ugotovili, da pozitivnost stališč do biologije s starostjo pada, čeprav manj kot pri fiziki. Ugotovili so tudi, da se približno 20 % učencem vseh starostnih skupin zdi biologija »lahka«, s starostjo pa se povečuje delež tistih, ki so prepričani, da lahko biologija prispeva k reševanju medicinskih problemov. Takšno mnenje ima 71 % 11-letnikov in kar 87 % 16-letnikov. Zanimivo pa je, da biologijo in reševanje okoljskih problemov med seboj povezuje samo 66 % 11-letnikov in 60 % 16-letnikov.

Grška raziskava (Mavrikaki in sod., 2012) na to temo sicer ne ugotavlja statistično pomembnih razlik med mlajšimi in starejšimi dijaki, so pa zaznali razlike med mlajšimi in starejšimi dijaki pri zaznavi težavnosti biologije. Starejšim dijakom se zdi biologija bolj zahtevna. Razloge vidijo v tem, da se biologija poučuje kot neodvisen in izoliran

predmet v srednji šoli po učnem načrtu, ki je zaradi preobremenjenosti nerealen in ga večino ni mogoče izvesti, zaradi česar celo izpade evolucija, ki je postavljena v zadnji del učnega načrta.

Gnidovčeva (2012), ki je v diplomski nalogi raziskovala odnos dijakov dveh različnih šolskih programov do biologije, je ugotovila, da se dijaki različnih letnikov gimnazijskega programa po odnosu do biologije ne razlikujejo, pri dijakih veterinarske smeri pa se je s starostjo (od 1. do 3. letnika) pozitivnost odnosa do biologije zmanjševala.

Raziskava, ki so jo izvedli na Slovaškem med učenci osnovnih šol, je pokazala, da je biologija manj atraktivna tako za mlajše kot starejše osnovnošolce in da biologija ter delovanje v znanosti nista atraktivni poklicni poti (Prokop in sod., 2007a).

2.3.2 Vpliv spola na mnenje o biologiji

Nasprotujoči so tudi rezultati raziskav, ki ugotavljajo vpliv spola na odnos in interes za biologijo ter njeno zahtevnost.

Jones in sod. (2000) so v raziskavi, ki je proučevala izkušnje in stališča o naravoslovnih predmetih med učenci 6. razreda (starost 11–12 let), ugotovili, da izkazujejo fantje manjši interes do biologije kot dekleta. Do podobnih rezultatov so prišli tudi Prokop in sod. (2007b), ki so izvedli raziskavo med učenci, katerih povprečna starost je bila približno 13 let. Tudi palestinska (Zeidan, 2010) in turška (Ekici in Hevedanli, 2010) dekleta imajo v primerjavi s fanti statistično pomembno pozitivnejša stališča do biologije, palestinska dekleta pa so z višjo srednjo vrednostjo kot fantje ocenila tudi učno okolje (Zeidan, 2010).

Nasprotno Osborne in sod. (2003) ugotavljajo, da imajo dekleta bistveno manj pozitivna stališča do naravoslovja, prav tako pa se dekletom zdi naravoslovje težje kot fantom. Do podobnih rezultatov, kar se tiče zahtevnosti, so prišli tudi Jones in sod. (2000), slovaška raziskava pa je pokazala, da se biologija zdi težja fantom (Prokop in sod., 2007a).

Med 15-letniki na Finskem kažejo fantje večji interes za osnovne celične procese in ekologijo, medtem ko je biologija človeka in zdravstvena vzgoja bolj zanimiva za dekleta. Pokazala se je tudi korelacija med določenimi zunajšolskimi aktivnostmi in interesom za različna področja biologije. Aktivnosti, povezane z znanostjo in tehnologijo (uporaba kompletov z opremo za izvajanje poskusov, sestavljanje modelov), so bile v visoki korelaciji z zanimanjem za osnovne biološke procese, medtem ko je bila npr. skrb za živali na kmetijah v korelaciji z aplikativno biologijo (Uitto in sod. 2006).

V nasprotju z zgoraj omenjenimi raziskavami pa Nasr in Soltani (2011) ugotavljata, da ni pomembnih razlik v odnosu do biologije med iranskimi od 17 do 18 let starimi dekleti in fanti, čeprav dekleta dosegajo boljše rezultate pri biologiji. Do podobnih ugotovitev so prišli tudi v raziskavi, pri kateri so sodelovali grški srednješolci, stari med 12 in 17 let, in ugotovili tudi, da se grška dekleta in fantje ne razlikujejo glede notranje motivacije za učenje biologije (Mavrikaki in sod., 2012).

Tudi raziskava, ki so jo izvedli med turškimi študenti, je pokazala, imata oba spola približno enaka stališča do biologije, edina, sicer statistično pomembna razlika (čeprav je razlika v srednjih vrednostih majhna), se je pokazala pri faktorju »biologija kot vrednota«. Študentom se zdi biologija pomembnejša kot študentkam (Uşak in sod., 2009).

Mavrikaki in sod. (2012) na splošno ugotavljajo, da je biologija za grške srednješolce »lahek« predmet, s čimer se do neke mere strinjajo tudi Prokop in sod. (2007b), obe raziskavi pa sta pokazali, da dijaki znanja biologije ne ocenjujejo kot nekaj, kar potrebujemo v vsakdanjem življenju.

2.3.3 Vpliv učiteljev in načina poučevanja na mnenje o biologiji

Učitelj ima pomemben vpliv na oblikovanje stališč do biologije pri učencih, saj z osebnostjo, značajem in odnosom do biologije vpliva na oblikovanje stališč do te vede. Pri tem imata ključno vlogo njegov značaj in sposobnost motivirati učence (Prokop in sod., 2007b).

Na stališča do biologije vplivajo učitelji tudi z načinom poučevanja. Če učitelj teoretična in abstraktna znanja ne poveže s primeri iz vsakdanjega življenja, dijaki ne razumejo, zakaj se morajo naučiti določene biološke koncepte, saj jih ne morejo povezati s svojim življenjem. Pomanjkanje razumevanja povezanosti med tistim, kar je bilo povedano pri pouku in njihovim vsakdanjim življenjem, je vzrok, da se dijaki težje učijo biologijo. Posledično izgubijo motivacijo za učenje in razvijejo negativna stališča do nje (Çimer, 2012).

Obstajajo raziskave, ki so ugotovile pozitiven učinek problemsko zasnovanega pouka na znanje in razumevanje (Hmelo-Silver, 2004; Tandogan in Orhan, 2007). Raziskava, ki je vključevala od 13 do 14 let stare učence, je ugotavljala vpliv problemsko zasnovanega pouka tako na znanje in razumevanje kot na interes in stališča do naravoslovja. Primerjava med raziskovalno skupino, v kateri je potekalo problemsko zasnovano aktivno učenje, in kontrolno skupino, v kateri je potekalo poučevanje s tradicionalnimi učnimi metodami, je pokazala, da problemsko zasnovano aktivno učenje pozitivno vpliva tako na stališča učencev do naravoslovnih predmetov kot učne dosežke učencev. Ugotovili so tudi, da aktivno učenje pozitivno vpliva na konceptualni razvoj učencev in ohranja njihove napačne predstave na nižji ravni (Tandogan in Orhan, 2007).

Tomažič (2009) je proučeval vpliv izkustvenega učenja na odnos in znanje učencev o dvoživkah. Učenci, ki so se pri pouku seznanili z živimi živalmi, so v povprečju po takšnem pouku izkazali več znanja in pozitivnejši odnos do dvoživk kot učenci, pri katerih je potekal pouk brez prisotnosti živih živali.

Barak in sod. (2011) so ugotovili, da imajo animacije pozitiven učinek na razumevanje, praktično uporabo znanja in sposobnost sklepanja, zmanjšajo pa se tudi napačne predstave dijakov. V primerjavi s klasičnim poučevanjem je ta način povečal motivacijo za učenje naravoslovja, interes do naravoslovja kot tudi vpliv na poklicno prihodnost dijakov.

2.3.4 Povezava med mnenji dijakov o biologiji in njihovimi učnimi dosežki

Pakistanska raziskava (Shabbir Ali in Sher Awan, 2013), pri kateri so sodelovali od 15 do 16 let stari dijaki, je poskušala ugotoviti povezavo med odnosom do naravoslovja in učnimi dosežki pri fiziki, kemiji, biologiji in matematiki. Ugotovili so, da obstaja statistično pomembna korelacija med pozitivnimi stališči do biologije in učnimi dosežki. Edina kategorija, ki ni pokazala te povezave, je bila odločitev o nadaljnji poklicni poti.

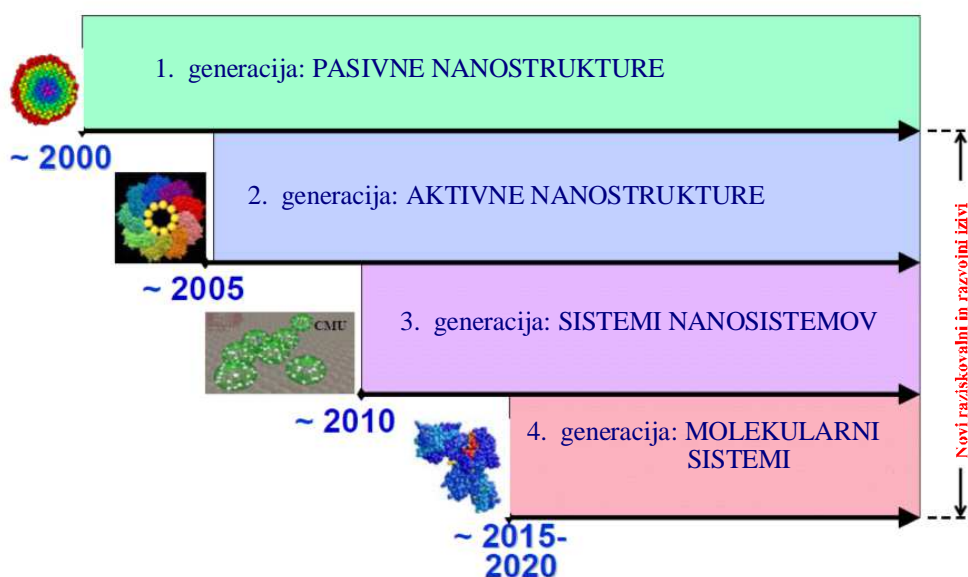
Raziskava v Indiji je pokazala, da obstaja pozitivna korelacija med odnosom srednješolcev do učenja naravoslovja in njihovimi učnimi dosežki pri naravoslovnih predmetih. Na odnos do učenja in učne dosežke vplivata predvsem spol in tip šole, ki jo dijaki obiskujejo. Dekleta so izkazala pozitivnejši odnos do učenja in tudi boljše učne dosežke v primerjavi s fanti, ugotovili pa so tudi, da boljše rezultate dosegajo dijaki, ki obiskujejo šole pod okriljem Centralnega odbora za srednješolsko izobraževanje (Narmadha in Chamundeswari, 2013).

Do nekoliko drugačnih ugotovitev pa so prišli pri raziskavi, ki so jo izvedli v Iranu med 17- in 18-letnimi srednješolci. Med petimi dimenzijami, s katerimi so ugotavljali stališča do biologije, je le dimenzija »biologija je zame zabavna« izkazala pomembno povezavo z učnim uspehom dijakov. To pomeni, da sproščeno, zabavno vzdušje med poukom vpliva na pozitivnost stališč do biologije in se kaže tudi v boljših učnih dosežkih (Nasr in Soltani, 2011).

2.4 NANODISCIPLINE

Nanoznanost je definirana kot proučevanje pojavov in manipulacije snovi na atomski, molekularni in nanomakromolekularni ravni, katerih lastnosti se znatno razlikujejo od snovi, ki spadajo v večji velikosti razred (Dowling, 2004).

Nanotehnologija je manipulacija materiala v nanovelikostnem rangu molekul za ustvarjanje novih proizvodov in procesov (Porter in sod., 2008). Slika 1 prikazuje napoved razvoja nanotehnologije iz leta 2005, ko so se komercialno že uporabljale pasivne (premazi, nanodelci, nanostrukturirane kovine, keramika ...) in aktivne nanostrukture (nanoelektromehanski sistemi, ciljno usmerjena zdravila, naprave za shranjevanje energije ...), napovedovali pa so tu že uporabo nanosistemov in molekularnih sistemov (Roco, 2005).



Slika 1: Štiri generacije produktov – časovni načrt za začetek industrijske izdelave prototipov in komercializacije nanotehnologij (Roco, 2005: 1)

Figure 1: Four generations of products: timeline for beginning of industrial prototyping and nanotechnology commercialization (Roco, 2005: 1)

Nanobiologijo je mogoče obravnavati kot zблиževanje biologije in nanotehnologije, zato je na stičišču biologije, fizike, kemije, znanosti o materialih in inženirstvu. Nanobiologija je nova disciplina, ki združuje orodja, ideje in materiale na področju nanoznanosti in biologije; obravnava biološke probleme, ki so rešljivi s pomočjo nanotehnologij; pripravlja možnosti za oblikovanje molekularnih naprav; usmerjena je v biološke sisteme in uporabo biomakromolekul (Nussinov in Alemán, 2006).

Bionanotehnologija je veja nanotehnologije, ki raziskuje načine izgradnje biomolekularnih naprav s sposobnostjo posnemanja konceptov iz narave. Novo nastalo in vedno bolj razširjeno področje bionanotehnologije torej poskuša posnemati samoorganizacijsko sposobnost, ki jo v naravi zmorejo minerali, biološki kompoziti, kot so biseri, svila, zobje, in makromolekulske strukture: hemoglobin, encimi, membranski kanali, ribosomi ... Ti prefinjeni procesi predstavljajo poseben izliv za znanstvenike in inženirje (Taylor, 2007).

Nanobiotehnologija je aplikacija nanotehnologij na biološkem področju. Razvija nove večfunkcijske naprave in sisteme z boljšo občutljivostjo in specifičnostjo, ki omogočajo nov pristop pri raziskovanju bioloških sistemov (Fortina in sod., 2005).

2.5 NANODELCI

Biologija v zadnjih desetletjih širi svoja obzorja tudi na nivoju milijardink metra. Nanodelci so drobni skupki materiala, ki imajo vsaj eno dimenzijo manjšo od 0,1 μm (100 nm), vendar so večji od atomov in molekul. Čeprav pogosto mislimo, da so nanomateriali produkt sodobne znanosti, je dejstvo, da so bili ljudje že od nekdaj izpostavljeni nanodelcem, na primer v obliki dima odprtega ognja, vulkanskega prahu ali v obliki virusov (Buzea in sod., 2007).

2.5.1 Klasifikacija nanodelcev

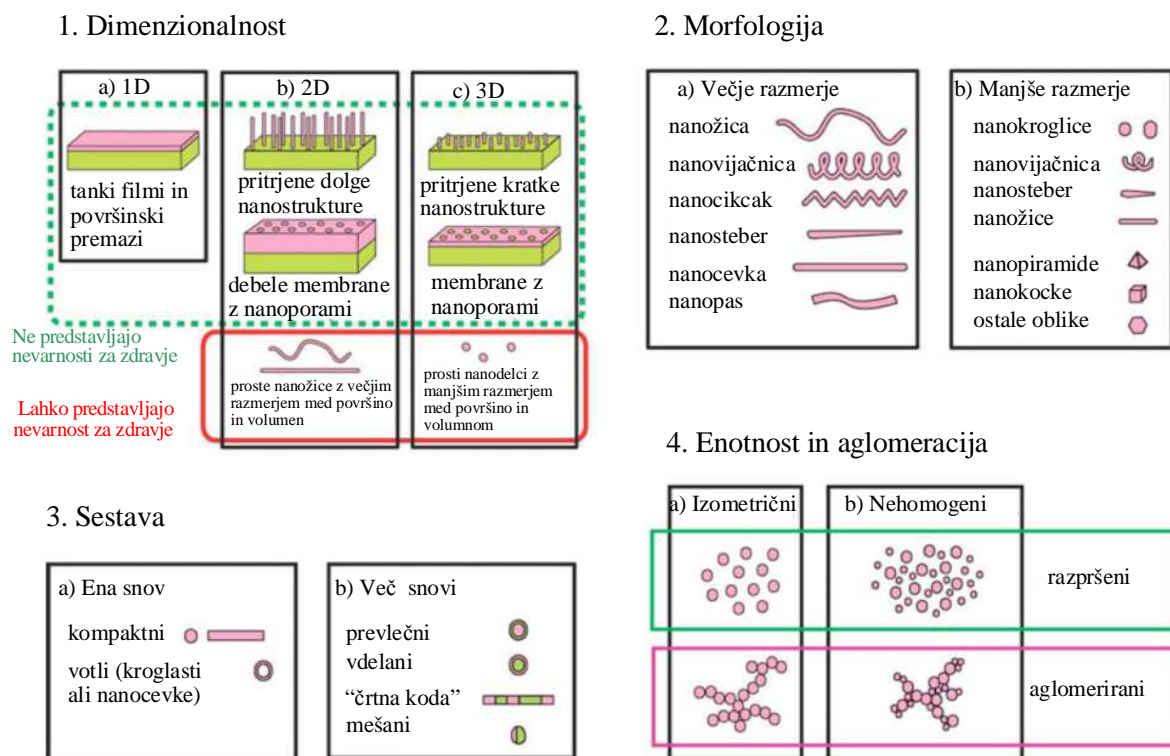
Nanodelce navadno razvrščamo glede na njihovo dimenzionalnost, morfologijo, sestavo, enotnost in aglomeracijo (slika 2) (Buzea in sod., 2007).

Glede na število dimenzij v nanometerskem merilo ločimo eno-, dvo- in tridimenzionalne nanomaterialne. V prvi skupini so ponavadi tanki filmi ali površinski premazi, ki se uporabljajo pri vezju računalniških čipov ali kot antirefleksijske in trde prevleke na očalih. Med dvodimenzionalne nanomaterialne spadajo nanostrukturirani filmi z na podlago pritrjenimi nanostrukturami in filtri z nanoporami, ki jih uporabljajo za filtracijo majhnih delcev. Tanke membrane z nanoporami, koloidi in prosti nanodelci različnih oblik pa imajo vse tri dimenzije v nanometerskem merilu, zato jih imenujemo tridimenzionalni nanomateriali. (Buzea in sod., 2007).

Morfološke značilnosti, ki jih lahko upoštevamo, so sploščenost, sferičnost in razmerje med površino in volumnom. Glavni kriterij za razvrščanje nanodelcev je razmerje med površino in volumnom nanodelcev. V eno skupino spadajo nanodelci z veliko specifično površino, v drugo pa tisti, ki imajo manjše razmerje med površino in prostornino. V obeh skupinah se pojavljajo delci najrazličnejših oblik (slika 2) (Buzea in sod., 2007).

Nanodelci so lahko zgrajeni iz ene snovi ali pa so sestavljeni iz več vrst snovi, glede na svoje kemične in elektromagnetne značilnosti obstajajo kot razpršeni aerosoli, kot

suspenzije oziroma koloidi ali v aglomerirani obliki. V aglomeriranem stanju se lahko nanodelci obnašajo kot večji delci; odvisno od velikosti aglomerata. (Buzea in sod., 2007).



Slika 2: Klasifikacija nanodelcev glede na njihovo dimenzionalnost, morfologijo, sestavo, enotnost in aglomeracijo (Buzea in sod., 2007: 27)

Figure 2: Classification of nanostructured materials from the point of view of nanostructure dimensions, morphology, composition, uniformity and agglomerationstate (Buzea, et all, 2007: 27)

2.5.2 Izvor nanodelcev

Po izvoru ločimo naravne in antropogene nanodelce. Pomembnejši naravni viri nanodelcev v ozračju so vulkanski izbruhi, puščavske površine, prah iz kozmičnih virov, ki se nahajajo v sončnem sistemu ali zunaj njega (Hristozov in Malsch, 2009). Med naravne nanodelce spadajo tudi virusi (Singh in sod., 2006).

Antropogene nanodelce delimo na namensko in nenamensko ustvarjene. Nenamensko ustvarjeni nanodelci so stranski produkt izgorevanja fosilnih goriv in posušenega blata

iz čistilnih naprav, kemične proizvodnje, varjenja, obdelave rude ... (Buzea in sod., 2007). Namensko ustvarjene nanomateriale pa najdemo v potrošniških izdelkih kozmetike, tekstila, barv ... (Gottschalk in sod., 2009).

2.5.3 Lastnosti nanodelcev

V primerjavi z večjimi delci imajo nanodelci veliko večje razmerje med površino in prostornino. Manjši kot je delček, večji delež vseh atomov se nahaja na njegovi površini (Remškar, 2009). Delcem, ki imajo na površini več atomov ali pa imajo atomi več prostih vezi, se poveča kemijska aktivnost. Zaradi te aktivnosti so lahko nanodelci v suhem stanju v dveh oblikah: aglomerirani, ki jih omogočajo šibke van der Waalove sile, ali agregirani zaradi močnejših vezi med primarnimi delci (Jiang in sod., 2009) Poleg tega se spremenijo še druge fizikalno-kemijske lastnosti: električna in optična prevodnost, trdnost in druge (Roduner, 2006).

2.5.4 Uporabnost nanodelcev

Nanodelci se uporabljajo v medicini, farmaciji, živilski industriji, ekologiji, energetiki, gradbeništvu, tekstilni industriji, elektroniki ... (Hristozov in Malsch, 2009).

2.5.4.1 Uporaba nanodelcev v medicini

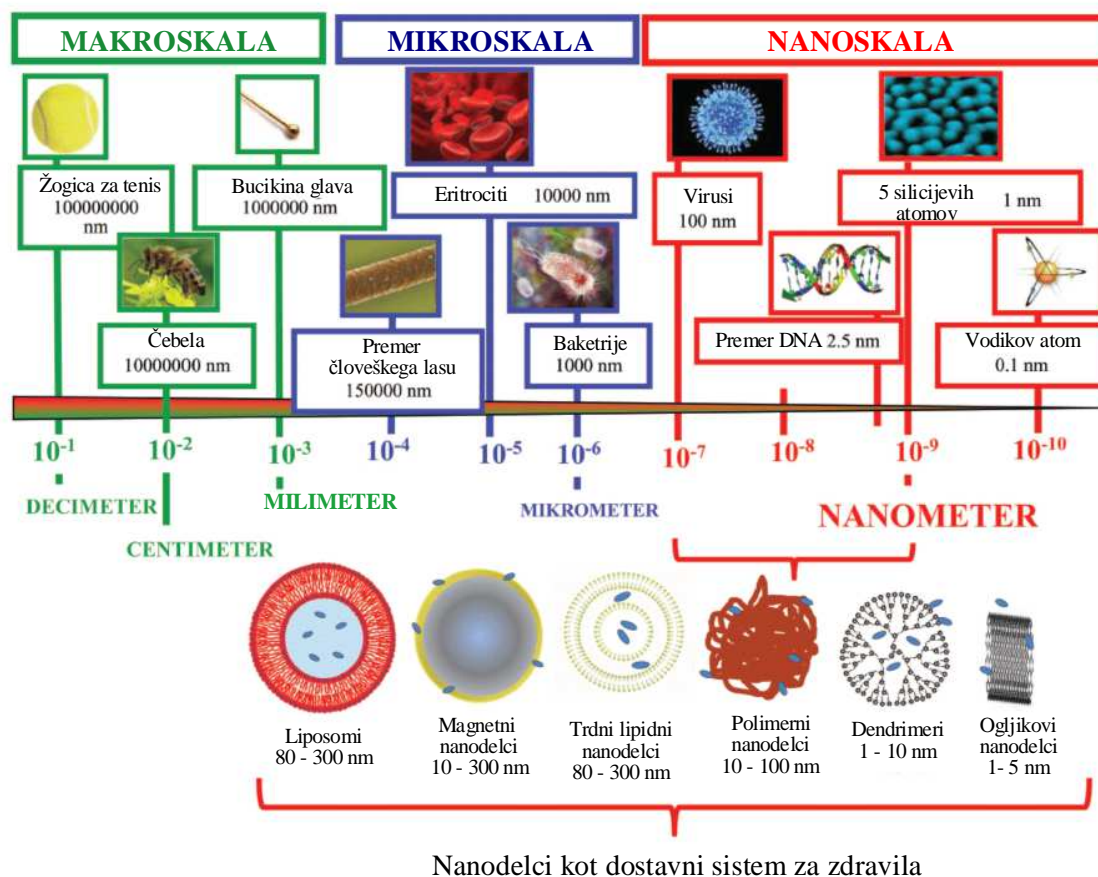
Biomedicinske aplikacije nanodelcev lahko razdelimo v dve kategoriji: diagnostika in zdravljenje (Latorre in Rinaldi, 2009). V diagnostiki nanodelci pomagajo pri odkrivanju delcev virusov, predrakavih celic in bolezenskih označevalcev (markerjev), ki jih s tradicionalno diagnostiko ne bi odkrili (Zhang in sod., 2008). Primer takšnih nanodelcev so superparamagnetni železovi oksidi (SPIO), ki jih je dokaj enostavno izdelati in predstavljajo osnovo za različne aplikacije. Z njihovo pomočjo je mogoče odkriti vnetne bolezni (kardiovaskularne bolezni, multiplo sklerozo, aterosklerozo, okužbe) kot tudi rak v začetni fazi in v nadaljevanju spremljati njihov razvoj (Rümenapp in sod., 2012), saj jih lahko zaradi njihove učinkovitosti in varnosti uporabljajo kot kontrastno sredstvo pri slikanju z magnetno resonanco (Thomas in sod., 2013).

Magnetni nanodelci veliko obetajo tudi pri zdravljenju rakastih obolenj. Osnovni princip njihovega delovanja je vbrizganje magnetnih nanodelcev v bližino tumorja, kjer jih izpostavimo nihajočemu magnetnega polju, kar povzroči, da nanodelci absorbirajo energijo v obliki toplote, posledica tega pa je lokalni dvig temperature in smrt tumorskih celic (Dutz in Hergt, 2013).

Približno 40 % potencialno novih zdravil je v vodi slabo topnih, kar zmanjšuje njihovo biorazpoložljivost in absorpcijo teh učinkovin. Različne nanonizacijske strategije, kot je proizvodnja zdravil v obliki nanokristalov, bistveno izboljšajo stopnjo raztapljanja in posledično biorazpoložljivost mnogih sicer v vodi slabo topnih zdravil (Chen in sod., 2011).

Liposomi, trdni lipidni nanodelci, dendrimeri, polimerni nanodelci, nanosilicijevi in ogljikovi materiali ter magnetni nanodelci so primeri nanodelcev, ki so bili testirani kot dostavni sistemi zdravil (Wilczewska in sod., 2012) (slika 3). Z obetavnimi magnetnimi nanodelci je zaradi njihovih edinstvenih magnetnih lastnosti, s pomočjo uporabe zunanjih magnetnih polj, možno ciljno dostavljanje zdravil. (Rümenapp in sod., 2012).

Kot dostavni sistem zdravil prav tako veliko obetajo ogljikovi nanomateriali. V raziskavi, kjer so proučevali vpliv različnih ogljikovih nanomaterialov (črni ogljik (CB), grafenov oksid (GO) in fuleren (C_{60})) na adsorpcijo in aktivnost acetilholinesteraze (AChE), so ugotovili, da so vsi uporabljeni ogljikovi nanomateriali adsorbirali AChE, vendar so imeli različen vpliv na katalitično aktivnost tega encima. Kot najbolj učinkovit inhibitor AChE se je pokazal CB, medtem ko je AChE na površini GO ohranil naravno konformacijo in večino svoje aktivnosti. Ugotovitev, da je AChE na površini GO ohranila aktivnost, kaže na možnost uporabe GO kot substrata za imobilizacijo, ne samo AChE, ampak tudi drugih encimov in proteinov (Mesarič in sod., 2013).



Slika 3: Sistemi dostavljanja zdravil z nanodelci v primerjavi z ostalimi skalami (Wilczewska in sod., 2012: 1021)

Figure 3: Nanoparticle drug delivery systems with relation to other scales (Wilczewska, et all, 2012: 1021)

2.5.4.2 Uporaba nanodelcev v živilski industriji

Za živilsko industrijo pomenijo nanodelci nove možnosti v proizvodnji in pakiranju živil. Nanohrana je hrana, ki je bila pridelana, predelana ali pakirana s pomočjo nanotehnologije. Tako nanosrebro uporabljajo zaradi njegove antibakterijske aktivnosti v embalažah za hrano, v hladilnikih, nanodelci silicijevega oksida preprečujejo prepustnost plastike za kisik in tako podaljšajo obstojnost hrane, nanoprevleke, ki jih nanašajo na živila, zmanjšujejo izgubo vlage in vpliv ozračja (Remškar, 2009).

2.5.4.3 Nanoremediacije

Osnova nanoremediacij je uporaba nanodelcev za sanacijo okolja. Obstaja velik potencial za uporabo teh tehnologij pri čiščenju onesnaženih območij in varstvu okolja pred onesnaževanjem. Nanoremediacijske metode vključujejo uporabo reaktivnih materialov za transformacijo in detoksikacijo onesnaževal (Rajan, 2011). Nanotehnologije, ki omogočajo sanacijo z degradacijo onesnaževalca, namesto z njegovo adsorpcijo, so še posebej privlačne za odstranjevanje organskih onesnaževal. Uveljavljen pristop k sanaciji organskih onesnaževal je fotooksidacija, ki jo katalizirajo nanodelci kovinskega oksida, kot je na primer nano TiO_2 . Ena od metod za čiščenje podtalnice pa je uporaba nanodelcev nič-valentnega železa, ki jih injicirajo v podtalnico s pomočjo vrtin (Prabhakar, 2013).

Pri pridobivanju pitne vode veliko obetajo nanotehnologije, s katerimi bi lahko izvajali razsoljevanje vode. Eden tak primer je filtriranje vode skozi enoplasten grafen z nanoporami (Cohen-Tanugi in Grossman, 2012).

2.5.5 Vpliv nanodelcev na zdravje

V organizem vstopajo nanodelci preko respiratornih površin, prebavil in skozi kožo. V zgornjih dihalnih poteh se delno odstranijo s pomočjo omigetalčnega epitela (Borm in sod., 2006), v pljučih pa z alveolarnimi makrofagi (Elsaesser in Howard, 2012). V prebavilih se odstranjujejo z defekacijo, pri odstranjevanju pa sodelujejo tudi epitelijske celice prebavne cevi. Odstranjevanje nanodelcev iz telesa poteka tudi prek ledvic (Borm in sod., 2006). Nanodelci, ki se ne odstranijo, prehajajo v kri in limfo ter potujejo v jetra, vranico in druge notranje organe, tudi v možgane (Simkó in Mattsson, 2010), lahko pa se integrirajo z organskimi molekulami in vključijo v metabolizem (Borm in sod., 2006).

Vsi nanodelci nimajo toksičnega učinka, obstaja pa potencialna nevarnost toksičnosti nekaterih nanodelcev. Bolezni, ki bi jih lahko povezali z inhaliranimi nanodelci, so astma, bronhitis, emfizem, pljučni rak (Bonner, 2010). Nanodelce v gastrointestinalnem

traktu povezujejo s Crohnovo boleznijo in rakom debelega črevesa (Gatti, 2004). Nanodelce železovih oksidov, ki vstopijo v žilni sistem, povezujejo z nastankom ateroskleroze (Zhu in sod., 2011). Raziskava, ki je proučevala učinek inženirskih nano TiO_2 in ZnO na eritrocite, plazmo, bogato s trombociti in suspenzijo velikih unilamelarnih fosfolipidnih veziklov, je pokazala, da nanodelci TiO_2 in ZnO povzročajo agregacijo eritrocitov, zato bi lahko bili prototrombogeni, medtem ko ZnO povzroča tudi pretrganje membran (Šimundić in sod., 2013).

Vpliv nanodelcev na celice je različen. Tvorba reaktivnih kisikovih spojin in posledično oksidativni stres, denaturacija proteinov, poškodbe DNA, proliferacija, ustavitev celičnega cikla so možne posledice delovanja nanodelcev v celici (Nel in sod., 2006). Piao in sod. (2011) so proučevali citotoksičnosti učinek nanosrebra, ki ga zaradi antimikrobne učinkovitosti uporabljajo v različnih medicinskih in splošnih aplikacijah. Rezultati te raziskave so pokazali, da nanosrebro v človeških jetrnih celicah povzroči poškodbe celičnih sestavin (DNA, lipidnih membran, beljakovin) in oksidativni stres, ki mu sledi apoptoza. Do podobnih zaključkov so prišli tudi pri raziskavi, kjer so proučevali citotoksičnost nano ZnO , in v jetrnih celicah opazili poškodbe DNA, nastale reaktivne kisikove spojine pa so zmanjšale potencial mitohondrijske membrane in posledično sprožile apoptozo (Sharma in sod., 2012).

Namensko izdelani nanodelci so lahko toksični tudi prek povezav z beljakovinami in encimi. Acetilholinesteraza (AChE) je ključni encim, ki se nahaja v krvi in živčnem sistemu. Ob prisotnosti določenih nanodelcev lahko pride do adsorpcije in posledično inhibicije tega encima. Inhibicija AChE, ki so jo povzročili nanodelci bakra (Cu), z ogljikom prevlečenega bakra (Cu-C), eno- (SWCNT) in večplastnih ogljikovih cevk (MWCNT), kaže na možno nevrotoksičnost teh nanodelcev (Wang in sod., 2009).

2.6 STALIŠČA DO NANOBIOLOGIJE

Raziskav, ki bi iskale povezave med stališči do šolskega predmeta biologije in stališči do nanobiologije, nismo našli. Prav tako nismo našli raziskav o stališčih do nanobiologije, zato smo se pri pregledu literature osredotočili na raziskave, povezane z nanotehnologijo. Tudi na tem področju je malo raziskav, ki bi vključevale učence ali dijake.

Simonneaux in sod. (2013) ugotavljajo, da imajo dijaki do tehnično-znanstvenega razvoja, ki vključuje tudi nanotehnologije, bolj pozitiven odnos kot dijakinje, bolj kot dijakinje so osredotočeni predvsem na gospodarski in strateški interes ter se v manjši meri zavedajo tveganj.

Turški osnovnošolci imajo kljub temu, da njihov učni načrt ne vključuje učnih ciljev, vezanih na nanotehnologijo, nekaj znanja o nanotehnologiji. Več znanja o tej tematiki imajo starejši osnovnošolci. 30 % učencev se je s to tematiko seznanilo preko televizije, po 10 % pa preko interneta in poljudnoznanstvenih revij. Da nanotehnologija prinaša več prednosti kot nevarnosti, misli skoraj polovica učencev. Mnenje učencev o nanotehnologiji se glede na spol ni razlikovalo. Raziskava pa je pokazala korelacijo med zanimanjem za naravoslovje in pozitivnim mnenjem o nanotehnologiji (Sahin in Ekli, 2013).

Študenti v Ameriki, ki so med študijem izbrali predmet, ki je vključeval tudi teme o nanotehnologiji, so medicinske aplikacije nanotehnologije ocenili visoko tako z vidika koristi kot z vidika nevarnosti. Z vidika nanotehnologije pa se jim zdi najbolj nevarno prebojno strelivo (Gardner in sod., 2010).

Z namenom, da bi povečali interes študentov za nanotehnologijo tudi na dodiplomskih študijih, so vsebine učnih modulov, ki vključujejo vsebine iz nanotehnologije, predstavili z različnimi učnimi metodami. Ankete, ki so jih izvedli pred in po predstavitvi modulov, so preverjale interes za nanotehnologijo, znanje o nanotehnologiji in zanimanje za poklicne poti, povezane z nanotehnologijo. Po pričakovanju se je povečal

interes za nanotehnologijo kot tudi znanje o nanotehnologiji, prav tako pa so študentje izkazali večje zanimanje za poklicne poti, povezane z nanotehnologijo (Shabani in sod., 2011).

Raziskava, ki so jo izvedli med učitelji in študenti (bodočimi učitelji), je pokazala, da so glavni vir informacij o nanotehnologiji, ki svoje znanje o tem označujejo kot »nekaj«, internet, televizija, v okviru »drugih virov« pa so navajali prijatelje, šolo in konference. Tako učitelji kot študenti ne vedo veliko o nanotehnologiji, s statistično pomembno razliko pa so pokazali študenti več znanja o nanotehnologiji kot učitelji. Skoraj 70 % anketirancev je izkazalo pozitivna stališča do nanotehnologije, vendar pa je bila stopnja pozitivnosti večja pri ženskah kot pri moških in večja pri študentih kot pri učiteljih. Da nanotehnologija prinaša več prednosti in manj nevarnosti, je menilo dobrih 60 % anketirancev. Največjo korist pričakujejo od razvoja novih metod zdravljenja, največjo nevarnost pa po njihovem predstavljajo aplikacije nanotehnologije za vojaško uporabo (Sahin in Ekli, 2010).

Raziskava, ki je potekala v Švici (Burri in Bellucci, 2008), je pokazala, da švicarski državljani niso niti nenaklonjeni niti navdušeni nad nanotehnologijo in potencialnimi okoljskimi ter zdravstvenimi tveganji nastajajočih novih tehnologij. Do podobnih ugotovitev so prišli tudi v Nemčiji, kjer ugotavljajo, da večina ljudi še vedno ni seznanjena z nanotehnologijo (nekoliko več o tem vedo moški in bolj izobraženi ljudje), do nanotehnologije pa izkazujejo ravnodušen ali dvoumen odnos (Vandermoere in sod., 2010).

Nasprotno pa je bilo med anketiranimi Avstralci (Cormick, 2009) kar 86 % navdušenih nad nanotehnologijo. Tako Švicarji (Burri in Bellucci, 2008) kot Avstralci (Cormick, 2009) pa upajo, da bo ta razvoj prinesel koristi z ustvarjanjem novih delovnih mest in z novostmi v zdravljenju, okoljski dejavnosti in vsakodnevnem življenju v prihodnosti.

Cormick (2009) je na osnovi študije, ki je tri leta spremljala odnos javnosti do nanotehnologije, ugotovil, da se je v letih od 2005 do 2008 percepcija javnosti o koristih nanotehnologije v primerjavi z nevarnostmi povečala (iz 39 % na 53 %), hkrati pa se je

percepcija nevarnosti ustrezno zmanjšala (iz 38 % na 18%). Ugotovil je tudi, da je zaupanje javnosti, ko gre za razlaganje kakršne koli nevarnosti v zvezi z nanotehnologijo, največje, če te razlage podajajo znanstveniki (88 %) in najmanjše (30 %), če o tem govorijo tisti, ki proizvajajo in distribuirajo produkte nanotehnologije.

V Avstriji je raziskava (Schuetz in Wiedemann, 2008), ki je preverjala, ali zaznavanje koristi nanotehnologije (v večji meri tiste v povezavi z zdravjem in okoljem ter manj tiste, povezane izključno z gospodarstvom) vpliva na zaznavanje njenega tveganja. Zaznavanje tveganja so vrednotili s pomočjo šest v naprej podanih scenarijev tveganja. Na njihovo presenečenje so ugotovili, da je bila ocena nevarnosti nižja pri potencialni toksičnosti za ljudi in pri negativnem vplivu na okolje v primerjavi z »neznanimi tveganji«. To pa ne pomeni, da koristnost nima vloge pri vrednotenju nanotehnologij. Eksperimentalna študija, ki jo je izvedel Cobb (2005), je pokazala statistično pomemben učinek seznanjenosti z informacijami o koristnosti nanotehnologije za njeno objektivno ovrednotenje tako z vidika tveganja kot koristi.

Raziskava, ki so jo izvedli Siegrist in sod. (2007), je poskušala odgovoriti na vprašanje, kakšno je mnenje javnosti o nanotehnologiji hrane in embalaže hrane. Udeleženci raziskave so prejeli nekaj splošnih informacij o nanotehnologiji in še dodatne informacije o štirih nanotehnoloških aplikacijah: antibakterijski embalaži hrane, nanoprevlekah, ki ščitijo plodove pred vlago in kisikom, kruhu, ki vsebuje nanokapsule z omega-3 maščobnimi kislinami in sok s škrobom, v katerem je prisoten vitamin A. Rezultati so pokazali, da je nanotehnologija hrane za ljudi manj sprejemljiva kot nanotehnologija embalaže hrane.

3 MATERIAL IN METODE DELA

3.1 VZOREC

V raziskavo je bilo vključenih 313 dijakov Gimnazije Celje - Center. Ankete treh dijakov smo izločili, ker so bile nepopolno izpolnjene. Končni vzorec je tako predstavljal 310 dijakov, in sicer 215 deklet (69,4 %) in 95 fantov (30,6 %). Ker na šoli izvajajo tri programe, je treba poudariti, da so bili vsi anketiranci iz programa gimnazija. Anketirali smo 81 prvošolcev (26,1 %), 69 drugošolcev (22,3 %), 90 tretješolcev (29,0 %) in 70 četrtošolcev (22,6 %) (preglednica 1).

Preglednica 1: Opisna statistika končnega vzorca glede na letnik in spol dijakov

Table 1: Descriptive statistics of the final sample according to grade and students' gender

	FANTJE				DEKLETA				SKUPAJ	
	Število (n)	<i>f</i> glede na spol (%)	<i>f</i> glede na letnik (%)	<i>f</i> glede na skupno število (%)	Število (n)	<i>f</i> glede na spol (%)	<i>f</i> glede na letnik (%)	<i>f</i> glede na skupno število (%)	Število (n)	<i>f</i> (%)
1. letnik	23	24,2	28,4	7,4	58	27,0	71,6	18,7	81	26,1
2. letnik	17	17,9	24,6	5,5	52	24,2	75,4	16,8	69	22,3
3. letnik	37	38,9	41,1	11,9	53	24,6	58,9	17,1	90	29,0
4. letnik	18	18,9	25,7	5,8	52	24,2	74,3	16,8	70	22,6
Skupaj	95	100,0	30,6	30,6	215	100,0	69,4	69,4	310	100,0

Razporeditev dijakov glede na letnik in spol je primerljiva in ne kaže statistično značilnih razlik (Pearsonov hi-kvadrat test; $\chi^2 = 6,80$, df 3, $p = 0,078$).

3.2 INSTRUMENT

Januarja in februarja 2014 smo izvedli anketiranje, ki je potekalo skupinsko v 14 oddelkih različnih letnikov. Pred anketiranjem smo dijake seznanili z namenom raziskave in izrazili željo, naj anketo izpolnijo tako, da bo izražala njihovo mnenje in znanje.

Anketni vprašalnik (priloga A) je bil sestavljen iz štirih delov. S prvim delom smo zbirali naslednje podatke: spol, ocena biologije v preteklem šolskem letu, ali je v družini dijaka znanstvenik – raziskovalec, ali dijak rad bere poljudnoznanstvene revije, ali rad gleda poljudnoznanstvene oddaje in ali bi dijak rad študiral naravoslovje.

V drugem delu smo preverjali mnenja dijakov o predmetu biologija. Uporabili smo prilagojeni vprašalnik, ki so ga za ugotavljanje odnosa do biologije razvili na Slovaškem (Prokop in sod., 2007a). V tem delu vprašalnika je bilo 18 trditev, dijaki pa so se odločali med petimi stopnjami Likertove lestvice (1 = se nikakor ne strinjam; 2 = se ne strinjam; 3 = nimam posebnega mnenja; 4 = se strinjam; 5 = se popolnoma strinjam).

S tretjim delom vprašalnika smo ugotavljali znanje dijakov o nanobiologiji. Znanje dijakov o nanobiologije smo preverjali na dva načina. V uvodu so dijaki svoje znanje o nanobiologiji izkazovali tako, da so se pri 13 trditvah odločali med »drži«, »ne drži« in »ne vem«. Nato so sledila vprašanja izbirnega tipa. Pri prvih 9 vprašanjih je bil možen 1 pravilni odgovor, pri 10. vprašanju pa 2.

V četrtem delu smo preverjali mnenje dijakov o nanobiologiji. V tem delu vprašalnika je bilo 20 trditev, tudi v tem delu pa so se dijaki odločali med petimi stopnjami Likertove lestvice (1 = se nikakor ne strinjam; 2 = se ne strinjam; 3 = nimam posebnega mnenja; 4 = se strinjam; 5 = se popolnoma strinjam).

3.2.1 Faktorska analiza vprašalnika o mnenju dijakov o biologiji

Mnenje o biologiji smo ugotavljali z vprašalnikom, ki je vključeval 18 trditev. Uporabili smo faktorsko analizo in izločili eno trditev (biologija je zame eden najlažjih predmetov), ki se je razporedila na dva faktorja. Cronbachova alfa za celoten vprašalnik je bila 0,913.

S faktorsko analizo smo prišli do 3 kategorij mnenj:

- F1 – osebni interes do biologije,
- F2 – pouk biologije,
- F3 – biologija kot vrednota.

Ti trije faktorji so skupaj razložili 56,98 % celotne variance. V preglednici 4 so prikazani tudi izračuni Crombachovih α za posamezen faktor. Kaiser-Meyer-Olkinov test (KMO = 0,917) in Bartlettov test ($\chi^2 = 2527,4$, df 153, $p < 0,001$) sta pokazala, da so podatki primerni za faktorsko analizo.

Preglednica 2: Razporeditev trditev o stališčih do biologije v posamezne faktorje

Table 2: Distribution of statements about attitudes towards biology in individual factors

TRDITEV	FAKTOR		
	1	2	3
Osebni interes do biologije			
Rad bi bil biolog.	0,81		
Rad bi imel več ur biologije.	0,73		
Biologijo imam raje od drugih predmetov.	0,73		
Znanje biologije je pomembno za mojo nadaljnjo kariero.	0,71		
Biološki procesi so zame zanimivi.	0,54		
Pouk biologije			
Učne ure biologije so zame zahtevne (težke) (O).		0,80	
Pogosto slabo razumem snov, ki se jo učimo pri biologiji (O).		0,78	
Biologijo se pogosto učim na pamet (O).		0,66	
Sovražim pouk biologije (O).		0,55	
Med urami biologije se dolgočasim (O).		0,52	
Všeč mi je način poučevanja biologije, ki ga izvaja moj učitelj.		0,49	
Biologija kot vrednota			
Razvoj na področju biologije prispeva k izboljšanju kvalitete naših življenj.			0,68
Znanje biologije je ključno za razumevanje mnogih naravnih pojavov.			0,65
Biologija bo uspela najti rešitve tudi za največje okoljske probleme.			0,62
Biologija mi pomaga pri razvijanju naravoslovnega načina razmišljanja.			0,62
Znanja biologije nihče ne potrebuje (O).			0,57
Biologija ni tako pomembna kot ostali šolski predmeti (O).			0,49

Opomba: O (obrnjeno) – beri obrnjeno trditev.

3.2.2 Faktorska analiza vprašalnika o mnenju dijakov o nanobiologiji

Mnenje dijakov o nanobiologiji smo ugotavljali z vprašalnikom, ki je vključeval 20 trditev. Uporabili smo faktorsko analizo in izločili štiri trditve (brez zadržkov bi uporabil nanobiološke metode za ugotavljanje bolezni pri človeku; menim, da je za zdravljenje bolnikov z rakom smiselno uporabljati tudi nanobiološke metode z visokim tveganjem; misel, da lahko nanodelci povzročijo onesnaženje, me straši; to, da bi v

moje telo vstavljali nanobiočipe, je grozljivo), ker se niso razporedile v nobeno faktorsko kategorijo. Cronbachova alfa za celotni vprašalnik je bila 0,842.

S faktorsko analizo smo prišli do 3 kategorij stališč:

- F1 – zanimanje za učenje nanobiologije,
- F2 – napredek nanobiologije,
- F3 – osebni interes za nanobiologijo.

Ti trije faktorji so skupaj razložili 61,03 % celotne variance. V preglednici 5 so prikazani tudi izračuni Cronbachovih α za posamezen faktor. Kaiser-Meyer-Olkinov test (KMO = 0,867) in Bartlettov test ($\chi^2 = 2190,2$, df 190, $p < 0,001$) pa sta tudi v tem primeru pokazala, da so podatki primerni za faktorsko analizo.

Preglednica 3: Razporeditev trditev o stališčih do nanobiologije v posamezne faktorje

Table 3: Distribution of statements about attitudes towards nanobiology in individual factors

TRDITEV	FAKTOR		
	1	2	3
Zanimanje za učenje nanobiologije			
Rad bi vedel, kaj vse raziskujejo nanobiologi.	0,85		
V šoli bi morali več časa nameniti učenju o nanobiologiji.	0,84		
Želim si, da bi bilo v medijih več informacij o razvoju nanobiologije.	0,78		
Rad bi bral prispevke o nanobiologiji.	0,74		
Rad bi gledal poljudno-znanstvene oddaje o nanobiologiji.	0,72		
Poučevanje o nanobiologiji v šolah se mi zdi pomembno.	0,70		
Posamezniki, ki zaključijo formalno izobraževanje (gimnazija), ne dobijo ustreznega znanja o nanobiologiji in uporabi le-te.	0,59		
Nanobiologija me zanima.	0,58		
Napredek nanobiologije			
Želim, da se nanobiologija razvija in nam omogoča lažje življenje, kakor hitro je to mogoče.	0,79		
Veseli me, da bo razvoj nanobiologije prinesel napredek v zdravstvu.	0,69		
To, da nanobiologija vstopa v naše življenje, me navdaja z zadovoljstvom.	0,62		
Veseli me, da bo z razvojem nanobiologije mogoče hitreje ugotavljati različne bolezni.	0,61		
Osebni interes za nanobiologijo			
Sledim medijskim prispevkom o nanobiologiji.			0,78
O nanobiologiji vem veliko.			0,71
Moja poklicna pot bo povezana z nanobiologijo.			0,63
Ker vem malo o razvoju nanobiologije, nisem zaskrbljen/-a o prihodnjih izkušnjah z nanobiologijo (O).			0,56

Opomba: O (obrnjeno) – beri obrnjeno trditev.

3.3 STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV

V preglednico, ki smo jo oblikovali v programu MS Excel, smo vnesli vse podatke iz anketnih vprašalnikov. Tako pripravljene podatke smo obdelali s statističnim programom SPSS 18.0. Da bi zmanjšali število spremenljivk, smo trditve o biologiji in nanobiologiji s pomočjo faktorске analize (metoda vodilnih komponent – PCA) in pravokotne rotacije faktorске matrike Varimax razporedili v več faktorjev. S Kaiser-Meyer-Olkinovim testom in Bartlettovim testom sferičnosti smo ugotavljali, če so podatki primerni za faktorško analizo. Za merilo zanesljivosti smo izračunali še Cronbachovo alfo.

Naredili smo osnovno opisno statistiko, ki je predstavljala izhodišče za nadaljnje delo. Pri analizi podatkov, vezanih na mnenje dijakov o biologiji in nanobiologiji, smo uporabljali neparametične teste, saj so bili podatki nenormalno porazdeljeni. Za ugotavljanje razlik med dvema neodvisnima spremenljivkama (fantje/dekleta) smo uporabili Mann-Whitneyjev test, za ugotavljanje razlik med večjim številom neodvisnih spremenljivk (dijaki po letnikih) pa s Kruskal-Wallisovim testom.

Pri analizi podatkov vezanih na znanje dijakov glede na spol in letnike smo prav tako uporabili Mann-Whitneyjev in Kruskal-Wallisov test, pri delu vprašalnika, ki je ugotavljal vir informacij o nanobiologiji glede na spol in letnike, pa Pearsonov hi^2 -test.

Za ugotavljanje korelacij med mnenji o biologiji z mnenji o nanobiologiji ter znanjem o nanobiologiji smo izračunali Pearsonov koeficient korelacije.

4 REZULTATI

4.1 SPLOŠNA ANALIZA VPRAŠALNIKA

4.1.1 Faktorska analiza mnenj o biologiji

Preglednica 4 prikazuje faktorje, ki smo jih dobili z združevanjem trditev, s katerimi smo ugotavljali mnenje dijakov o biologiji. Zanesljivost faktorjev smo preverili s pomočjo Cronbachove alfe. Iz preglednice 4 je razvidno, da vrednosti tega parametra potrjujejo zanesljivost izoblikovanih faktorjev, saj so vse Cronbachove alfe višje od 0,60.

Preglednica 4: Mnenje dijakov o biologiji

Table 4: Students' attitudes towards biology

FAKTOR	M	ŠTEVILO TRDITEV	Cronbachova α
Osebni interes do biologije	2,6	5	0,87
Pouk biologije	3,2	6	0,84
Biologija kot vrednota	3,9	6	0,79

4.1.2 Faktorska analiza mnenj o nanobiologiji

Preglednica 5 prikazuje faktorje, ki smo jih dobili z združevanjem trditev, s katerimi smo ugotavljali mnenje dijakov o nanobiologiji. Tudi v tem primeru Cronbachove alfe (vrednosti višje od 0,60) potrjujejo zanesljivost faktorjev mnenj o nanobiologiji.

Preglednica 5: Mnenje dijakov o nanobiologiji

Table 5: Students' attitudes towards nanobiology

FAKTOR	M	ŠTEVILO TRDITEV	Cronbachova α
Zanimanje za učenje nanobiologije	3,3	8	0,90
Napredek nanobiologije	3,6	4	0,74
Osebni interes za nanobiologijo	2,1	4	0,64

4.1.3 Opisna in inferenčna statistika trditvev o biologiji po letnikih

Z opisno in inferenčno statistiko smo analizirali trditve, s katerimi smo želeli pridobiti mnenje dijakov o biologiji glede na letnik in spol. Stopnjo strinjanja s trditvami so dijaki izražali s pomočjo 5-stopenjske Likertove lestvice (1 = se nikakor ne strinjam; 2 = se ne strinjam; 3 = nimam posebnega mnenja; 4 = se strinjam; 5 = se popolnoma strinjam).

V preglednici 6 so trditve razporejene po padajoči lestvici skupne srednje vrednosti. Iz preglednice lahko razberemo, da po mnenju dijakov biologija pokriva področje znanja, ki ga vsi potrebujemo ($M = 4,4$), in da razvoj na tem področju prispeva k izboljšanju kvalitete naših življenj ($M = 4,1$). Ravno v tem segmentu so razvidne tudi statistično pomembne razlike med letniki ($p \leq 0,001$). Dijaki 1. letnika se najbolj strinjajo ($M = 4,4$), da biologija lahko prispeva k izboljšanju kvalitete našega življenja, dijaki 2. letnika pa, čeprav je srednja vrednost njihovih odgovorov še vedno visoka ($M = 3,9$), pa se med vsemi najmanj strinjajo s to trditvijo.

Dijaki so mnenja, da ima biologija kot šolski predmet pomembno vlogo pri razvijanju naravoslovnega mišljenja ($M = 3,7$) in da je v šolskem sistemu vsaj tako pomembna kot ostali predmeti ($M = 3,9$). Pri trditvi, ki se nanaša na vlogo biologije pri naravoslovnem načinu mišljenja, pa se mnenje dijakov različnih letnikov statistično razlikuje ($p = 0,015$). Tudi tokrat se s to trditvijo najbolj strinjajo prvošolci ($M = 4,0$), najmanj pa četrtošolci ($M = 3,5$). Podatki nam razkrivajo tudi, da imajo dijaki sicer radi pouk biologije ($M = 3,7$), s trditvama, da bi imeli radi več ur biologije ($M = 2,1$) in da je biologija eden najlažjih predmetov ($M = 2,2$), pa se ne strinjajo (preglednica 6).

S statistično pomembno razliko ($p = 0,008$) se med urami biologije najmanj dolgočasijo dijaki 1. letnika ($M = 3,7$), najbolj pa dijaki 4. letnika ($M = 3,0$). Dijaki biologije nimajo raje kot druge predmete, obstaja pa statistična pomembna razlika ($p = 0,019$) med letniki, saj biologiji prvošolci ($M = 2,9$) izkazujejo večjo naklonjenost kot dijaki drugih letnikov, med njimi najmanj četrtošolci ($M = 2,4$) (preglednica 6).

Preglednica 6: Opisna in inferenčna statistika mnenj o biologiji po letnikih

Table 6: Descriptive and inferential statistics of attitudes towards biology by grades

TRDITEV	1. letnik		2. letnik		3. letnik		4. letnik		Skupaj		Kruskal-Wallisov test			
	F	M	SE	M	SE	M	SE	M	SE	M	SE	χ^2	df	p
Znanja biologije nihče ne potrebuje. (O = Znanje biologije potrebujemo vsi.)	F3	4,6	0,08	4,3	0,12	4,5	0,08	4,3	0,12	4,4	0,05	3,04	3	0,386
Razvoj na področju biologije prispeva k izboljšanju kvalitete naših življenj.	F3	4,4	0,07	3,9	0,10	4,1	0,09	4,0	0,10	4,1	0,05	15,93	3	***
Biologija ni tako pomembna kot ostali šolski predmeti. (O = Biologija je tako pomembna kot ostali šolski predmeti.)	F3	4,0	0,09	4,0	0,12	3,9	0,10	3,8	0,13	3,9	0,06	1,03	3	0,794
Znanje biologije je ključno za razumevanje mnogih naravnih pojavov.	F3	4,1	0,09	3,8	0,12	3,9	0,08	3,9	0,12	3,9	0,05	5,11	3	0,164
Sovražim pouk biologije. (O = Rad imam pouk biologije.)	F2	4,0	0,12	3,8	0,14	3,6	0,14	3,5	0,18	3,7	0,07	4,50	3	0,213
Biologija mi pomaga pri razvijanju naravoslovnega načina razmišljanja.	F3	4,0	0,11	3,6	0,12	3,6	0,12	3,5	0,13	3,7	0,06	10,43	3	0,015
Biologija bo uspela najti rešitve tudi za največje okoljske probleme.	F3	3,7	0,10	3,6	0,10	3,6	0,09	3,3	0,09	3,6	0,05	7,56	3	0,056
Biološki procesi so zame zanimivi.	F1	3,5	0,11	3,3	0,13	3,3	0,10	3,3	0,15	3,3	0,06	2,53	3	0,470
Pogosto slabo razumem snov, ki se jo učimo pri biologiji. (O = Pogosto dobro ... ki se jo učimo pri biologiji.)	F2	3,4	0,11	3,3	0,15	3,3	0,13	3,3	0,16	3,3	0,07	0,46	3	0,928
Med urami biologije se dolgočasim. (O = Med urami biologije se ne dolgočasim)	F2	3,7	0,13	3,2	0,14	3,2	0,13	3,0	0,18	3,3	0,07	11,82	3	0,008
Biologijo se pogosto učim na pamet. (O = Biologije se pogosto ne učim na pamet.)	F2	3,0	0,13	3,2	0,16	3,2	0,12	3,0	0,16	3,1	0,07	1,65	3	0,648
Všeč mi je način poučevanja biologije, ki ga izvaja moj učitelj.	F2	3,2	0,14	3,3	0,12	3,0	0,14	2,8	0,21	3,1	0,08	3,89	3	0,274
Znanje biologije je pomembno za mojo nadaljnjo kariero.	F1	3,3	0,13	2,8	0,14	3,1	0,13	2,4	0,16	2,9	0,07	19,35	3	***
Učne ure biologije so zame zahtevne (težke). (O = Učne ure biologije so zame lahke.)	F2	2,8	0,11	2,9	0,14	3,0	0,12	2,8	0,14	2,9	0,06	1,58	3	0,665
Biologijo imam raje od drugih predmetov.	F1	2,9	0,11	2,6	0,14	2,8	0,14	2,4	0,15	2,7	0,07	9,92	3	0,019
Biologija je zame eden najlažjih predmetov.	IZL	2,2	0,10	2,2	0,14	2,4	0,11	2,1	0,12	2,2	0,06	4,34	3	0,227
Rad bi imel več ur biologije.	F1	2,3	0,12	2,1	0,13	2,1	0,12	2,0	0,14	2,1	0,06	5,35	3	0,148
Rad bi bil biolog.	F1	2,2	0,12	2,0	0,13	2,0	0,13	1,8	0,14	2,0	0,06	6,77	3	0,080

Opomba: O (obrnjeno) – beri obrnjeno trditev; *** $p \leq 0,001$

4.1.4 Opisna in inferenčna statistika mnenj o biologiji po spolu

V preglednici 7 je prikazana statistična obdelava trditev o biologiji glede na spol in so razporejene po padajoči lestvici skupne srednje vrednosti. Statistično pomembno razliko ($p = 0,043$) med fanti in dekleti smo opazili pri trditvi, ki pravi, da bo biologija uspela rešiti tudi največje okoljske probleme. S to trditvijo se bolj strinjajo dekleta ($M = 3,6$) kot fantje ($M = 3,4$).

Rezultati kažejo tudi statistično pomembne razlike v mnenju med fanti in dekleti v tistem delu vprašalnika, ki se nanaša na zahtevnost biologije kot predmeta ($p = 0,039$), na razumevanje snovi pri biologiji ($p = 0,018$) in pri načinu poučevanja učitelja ($p = 0,004$). V primerjavi z dekleti ($M = 2,8; 3,2; 2,9$) se zdi fantom ($M = 3,1; 3,6; 3,4$) biologija manj zahtevna, ocenjujejo, da jo bolje razumejo, prav tako pa jim je bolj všeč način poučevanja njihovega učitelja (preglednica 7).

Preglednica 7: Opisna in inferenčna statistika mnenj o biologiji po spolu

Table 7: Descriptive and inferential statistics of attitudes towards biology by gender

TRDITEV		FANTJE		DEKLETA		SKUPAJ		Mann-Whitneyjev U- test	
		F	M	SM	M	SM	M	SM	Z
Znanja biologije nihče ne potrebuje. (O = Znanje biologije potrebujemo vsi.)	F3	4,4	0,09	4,4	0,06	4,4	0,05	-0,55	0,581
Razvoj na področju biologije prispeva k izboljšanju kvalitete naših življenj.	F3	4,1	0,09	4,1	0,05	4,1	0,05	-0,09	0,928
Biologija ni tako pomembna kot ostali šolski predmeti. (O = Biologija je tako pomembna kot ostali šolski predmeti.)	F3	4,0	0,10	3,9	0,07	3,9	0,06	-1,37	0,171
Znanje biologije je ključno za razumevanje mnogih naravnih pojavov.	F3	3,9	0,08	3,9	0,06	3,9	0,05	-0,46	0,648
Sovražim pouk biologije. (O = Rad imam pouk biologije.)	F2	3,8	0,13	3,7	0,09	3,7	0,07	-1,05	0,294
Biologija mi pomaga pri razvijanju naravoslovnega načina razmišljanja.	F3	3,7	0,11	3,7	0,07	3,7	0,06	-0,32	0,747
Biologija bo uspela najti rešitve tudi za največje okoljske probleme.	F3	3,4	0,09	3,6	0,06	3,5	0,05	-2,03	0,043
Biološki procesi so zame zanimivi.	F1	3,4	0,10	3,3	0,07	3,3	0,06	-0,60	0,550
Pogosto slabo razumem snov, ki se jo učimo pri biologiji. (O = Pogosto dobro ... ki se jo učimo pri biologiji.)	F2	3,6	0,11	3,2	0,08	3,3	0,07	-2,36	0,018
Med urami biologije se dolgočasim. (O = Med urami biologije se ne dolgočasim.)	F2	3,5	0,13	3,2	0,09	3,3	0,07	-1,33	0,185
Biologijo se pogosto učim na pamet. (O = Biologije se pogosto ne učim na pamet.)	F2	3,3	0,13	3,0	0,09	3,1	0,07	-1,74	0,083
Všeč mi je način poučevanja biologije, ki ga izvaja moj učitelj.	F2	3,4	0,13	2,9	0,10	3,1	0,08	-2,95	0,003
Znanje biologije je pomembno za mojo nadaljnjo kariero.	F1	2,9	0,12	2,9	0,09	2,9	0,07	-0,02	0,983
Učne ure biologije so zame zahtevne (težke). (O = Učne ure biologije so zame lahke.)	F2	3,1	0,11	2,8	0,07	2,9	0,06	-2,07	0,039
Biologijo imam raje od drugih predmetov.	F1	2,8	0,12	2,7	0,08	2,7	0,07	-0,99	0,322
Biologija je zame eden najlažjih predmetov.	IZL	2,5	0,10	2,1	0,07	2,2	0,06	-2,83	0,005
Rad bi imel več ur biologije.	F1	2,3	0,12	2,1	0,08	2,1	0,06	-1,46	0,145
Rad bi bil biolog.	F1	2,1	0,11	2,0	0,08	2,0	0,06	-0,90	0,369

Opomba: O (obrnjeno) – beri obrnjeno trditev; IZL = izločeno

4.1.5 Opisna in inferenčna statistika mnenj o nanobiologiji po letnikih

Z opisno in inferenčno statistiko smo analizirani trditve, s katerimi smo želeli pridobiti mnenje dijakov o nanobiologiji glede na letnik in spol. Stopnjo strinjanja s trditvami so dijaki izražali s pomočjo 5-stopenjske Likertove lestvice (1 = se nikakor ne strinjam; 2 = se ne strinjam; 3 = nimam posebnega mnenja; 4 = se strinjam; 5 = se popolnoma strinjam).

V preglednici 8 so trditve razporejene po padajoči lestvici skupne srednje vrednosti. Vidimo lahko, da se dijaki veselijo razvoja v nanobiologiji, ki bo prinesel napredek v zdravstvu ($M = 4,1$), saj bo omogočal hitrejše ugotavljanje različnih bolezni ($M = 3,9$). Obstajajo pa statistično pomembne razlike med letniki pri teh dveh trditvah ($p = 0,040$; $p \leq 0,001$). Dijaki 1. letnika ($M = 4,3$) se bolj veselijo napredka v zdravstvu, ki bo posledica razvoja nanobiologije, kot dijaki 4. letnika ($M = 3,9$). Dijaki 1. in 3. letnika ($M = 4,1$) pa se v večji meri veselijo, da bo razvoj nanobiologije omogočal hitrejše ugotavljanje različnih bolezni, v primerjavi z dijaki 2. in 4. letnika ($M = 3,7$).

Dijaki 4. letnika menijo ($M = 4,0$), da med šolanjem v gimnazijskem programu ne dobijo dovolj znanja o nanobiologiji in njeni uporabi, medtem ko se s statistično pomembno razliko ($p \leq 0,001$) predvsem dijaki 1. letnika ($M = 3,3$) s to trditvijo ne strinjajo v takšni meri (preglednica 8).

Statistično pomembne razlike ($p \leq 0,001$) lahko zaznamo tudi pri želji o razvoju nanobiologije, ki nam bo olajšala življenje. Ta želja je najbolj izrazita pri dijakih 1. letnika ($M = 3,9$), najmanj pa pri dijakih 2. letnika ($M = 3,3$) (preglednica 8).

Iz preglednice 8 je razvidno tudi, da dijaki svoje poklicne poti ne povezujejo z nanobiologijo, da ne sledijo medijskim prispevkom o nanobiologiji in da o njej ne vedo veliko.

Preglednica 8: Opisna in inferenčna statistika mnenj o nanobiologiji po letnikih

Table 8: Descriptive and inferential statistics of attitudes towards nanobiology by grades

TRDITEV	1. letnik		2. letnik		3. letnik		4. letnik		Skupaj		Kruskal-Wallisov test			
	F	M	SE	M	SE	M	SE	M	SE	M	SE	χ^2	df	<i>p</i>
Veseli me, da bo razvoj nanobiologije prinesel napredek v zdravstvu.	F2	4,3	0,08	4,0	0,09	4,0	0,09	3,9	0,11	4,1	0,05	8,29	3	0,040
Veseli me, da bo z razvojem nanobiologije mogoče hitreje ugotavljati različne bolezni.	F2	4,1	0,09	3,7	0,11	4,1	0,07	3,7	0,10	3,9	0,05	15,94	3	***
Posamezniki, ki zaključijo formalno izobraževanje (gimnazija), ne dobijo ustreznega znanja o nanobiologiji in uporabi le-te.	F1	3,3	0,09	3,4	0,11	3,9	0,11	4,0	0,14	3,6	0,06	38,55	3	***
Želim, da se nanobiologija razvija in nam omogoča lažje življenje, kakor hitro je to mogoče.	F2	3,9	0,09	3,3	0,10	3,6	0,10	3,4	0,12	3,6	0,05	17,39	3	***
Rad bi vedel, kaj vse raziskujejo nanobiologi.	F1	3,6	0,12	3,2	0,12	3,5	0,12	3,5	0,14	3,5	0,06	5,02	3	0,170
Poučevanje o nanobiologiji v šolah se mi zdi pomembno.	F1	3,5	0,09	3,3	0,11	3,4	0,11	3,4	0,14	3,4	0,06	1,96	3	0,580
Želim si, da bi bilo v medijih več informacij o razvoju nanobiologije.	F1	3,4	0,11	3,3	0,11	3,4	0,11	3,4	0,14	3,4	0,06	1,60	3	0,660
Rad bi gledal poljudnoznanstvene oddaje o nanobiologiji.	F1	3,4	0,12	3,2	0,12	3,3	0,11	3,3	0,15	3,3	0,06	1,05	3	0,789
V šoli bi morali več časa nameniti učenju o nanobiologiji.	F1	3,2	0,10	3,1	0,12	3,4	0,11	3,4	0,14	3,3	0,06	6,54	3	0,088
Brez zadržkov bi uporabil nanobiološke metode za ugotavljanje bolezni pri človeku.	IZL	3,3	0,11	3,1	0,12	3,4	0,09	3,0	0,11	3,2	0,06	8,18	3	0,042
Ker vem malo o razvoju nanobiologije, nisem zaskrbljen/-a o prihodnjih izkušnjah z nanobiologijo. (O = Ker vem malo o ..., sem zaskrbljen/-a o prihodnjih ... z nanobiologijo.)	F3	2,9	0,12	3,1	0,13	3,3	0,10	3,0	0,14	3,1	0,06	7,61	3	0,055
Nanobiologija me zanima.	F1	3,2	0,11	3,0	0,13	3,1	0,10	2,9	0,15	3,0	0,06	1,24	3	0,743
Rad bi bral prispevke o nanobiologiji.	F1	3,1	0,11	2,9	0,12	2,9	0,11	3,1	0,14	3,0	0,06	3,26	3	0,353
Menim, da je za zdravljenje bolnikov z rakom smiselno uporabljati tudi nanobiološke metode z visokim tveganjem.	IZL	3,0	0,11	2,9	0,12	3,0	0,10	2,7	0,11	2,9	0,06	4,17	3	0,244
To, da nanobiologija vstopa v naše življenje, me navdaja z zadovoljstvom.	F2	3,0	0,09	2,9	0,09	3,0	0,10	2,7	0,12	2,9	0,05	3,16	3	0,368
Misel, da lahko nanodelci povzročijo onesnaženje, me straši. (O = Misel, da lahko nanodelci ..., me ne straši.)	IZL	2,5	0,11	2,6	0,11	2,5	0,11	2,6	0,12	2,5	0,06	1,40	3	0,704
To, da bi v moje telo vstavljali nanobiočipe, je grozljivo. (O = To, da bi v moje telo ..., ni grozljivo.)	IZL	2,5	0,13	2,4	0,14	2,5	0,13	2,7	0,16	2,5	0,07	1,26	3	0,738
Moja poklicna pot bo povezana z nanobiologijo.	F3	2,0	0,10	2,0	0,12	2,0	0,12	1,6	0,12	1,9	0,06	9,48	3	0,024
Sledim medijskim prispevkom o nanobiologiji.	F2	2,0	0,11	1,9	0,12	1,9	0,10	1,8	0,11	1,9	0,05	1,76	3	0,623
O nanobiologiji vem veliko.	F3	1,7	0,09	1,7	0,10	1,7	0,10	1,6	0,12	1,7	0,05	1,13	3	0,770

Opomba: O (obrnjeno) – beri obrnjeno trditev; *** $p \leq 0,001$; IZL = izločeno

4.1.6 Opisna in inferenčna statistika mnenj o nanobiologiji po spolu

Tudi v preglednici 9 so trditve razporejene po padajoči lestvici skupne srednje vrednosti. Statistično pomembne razlike med spoloma se kažejo pri kar 8 trditvah in vseh primerih so srednje vrednosti večje pri fantih.

Na splošno fante ($M = 3,4$) bolj zanima nanobiologija kot dekleta ($M = 2,9$), prav tako pa fantje ($M = 3,1$) kažejo večje zadovoljstvo nad vstopanjem nanobiologije v naše življenje kot dekleta ($M = 2,8$). Pri obeh trditvah je razlika statistično pomembna ($p \leq 0,001$; $p = 0,004$) (preglednica 9).

Iz preglednice 9 lahko razberemo, da si fantje ($M = 3,7$) s statistično pomembno razliko ($p = 0,014$) v večji meri želijo, da bi se nanobiologija razvijala in nam omogočala lažje življenje, v primerjavi z dekleti ($M = 3,5$).

Dekleta imajo manjšo željo ($M = 3,3$) po pridobivanju informacij o razvoju nanobiologije kot fantje ($M = 3,6$), ki bi v primerjavi z dekleti ($M = 3,2$) tudi raje ($M = 3,6$) gledali poljudnoznanstvene oddaje s tega področja. V obeh primerih rezultati kažejo statistično pomembne razlike glede na spol ($p = 0,006$; $p = 0,017$) (preglednica 9).

Rezultati so tudi pokazali, da dijaki ne vedo veliko o nanobiologiji ($M = 1,7$), da svoje poklicne poti ne povezujejo z njo ($M = 1,9$) in da ne sledijo medijskim prispevkom s tega področja ($M = 1,9$). Kljub temu pa so srednje vrednosti mnenj fantov ($M = 1,9$; 2,2; 2,3) v vseh teh primerih višje kot pri dekletih ($M = 1,6$; 1,8; 1,7) in kažejo statistično pomembne razlike ($p \leq 0,001$; $p = 0,003$; $p \leq 0,001$) (preglednica 9).

Preglednica 9: Opisna in inferenčna statistika mnenj o nanobiologiji po spolu

Table 9: Descriptive and inferential statistics of attitudes towards nanobiology by gender

TRDITEV	F	FANTJE		DEKLETA		SKUPAJ		Mann-Whitneyjev U-test	
		M	SM	M	SM	M	SM	Z	p
Veseli me, da bo razvoj nanobiologije prinesel napredek v zdravstvu.	F2	4,1	0,09	4,1	0,06	4,1	0,05	-0,56	0,576
Veseli me, da bo z razvojem nanobiologije mogoče hitreje ugotavljati različne bolezni.	F2	3,9	0,08	3,9	0,06	3,9	0,05	-0,58	0,562
Želim, da se nanobiologija razvija in nam omogoča lažje življenje, kakor hitro je to mogoče.	F2	3,7	0,10	3,5	0,06	3,6	0,05	-2,45	0,014
Želim si, da bi bilo v medijih več informacij o razvoju nanobiologije.	F1	3,6	0,10	3,3	0,07	3,4	0,06	-2,75	0,006
Rad bi gledal poljudnoznanstvene oddaje o nanobiologiji.	F1	3,6	0,10	3,2	0,08	3,3	0,06	-2,38	0,017
Posamezniki, ki zaključijo formalno izobraževanje (gimnazija), ne dobijo ustreznega znanja o nanobiologiji in uporabi le-te.	F1	3,5	0,11	3,7	0,07	3,6	0,06	-0,77	0,439
Rad bi vedel, kaj vse raziskujejo nanobiologi.	F1	3,5	0,10	3,4	0,08	3,5	0,06	-0,24	0,808
Poučevanje o nanobiologiji v šolah se mi zdi pomembno.	F1	3,5	0,10	3,4	0,07	3,4	0,06	-0,76	0,449
Nanobiologija me zanima.	F1	3,4	0,10	2,9	0,07	3,0	0,06	-3,98	***
V šoli bi morali več časa nameniti učenju o nanobiologiji.	F1	3,4	0,10	3,2	0,07	3,3	0,06	-1,26	0,209
Ker vem malo o razvoju nanobiologije, nisem zaskrbljen/-a o prihodnjih izkušnjah z nanobiologijo. (O = Ker vem malo ..., sem zaskrbljen/-a o prihodnjih ... z nanobiologijo.)	F3	3,3	0,10	2,9	0,07	3,1	0,06	-2,90	0,004
Brez zadržkov bi uporabil nanobiološke metode za ugotavljanje bolezni pri človeku.	IZL	3,3	0,11	3,2	0,06	3,2	0,06	-0,63	0,526
Rad bi bral prispevke o nanobiologiji.	F1	3,2	0,10	2,9	0,07	3,0	0,06	-1,95	0,052
Menim, da je za zdravljenje bolnikov z rakom smiselno uporabljati tudi nanobiološke metode z visokim tveganjem.	IZL	3,2	0,10	2,8	0,07	2,9	0,06	-2,81	0,005
To, da nanobiologija vstopa v naše življenje, me navdaja z zadovoljstvom.	F2	3,1	0,08	2,8	0,06	2,9	0,05	-2,86	0,004
To, da bi v moje telo vstavljali nanobiočipe, je grozljivo. (O = To, da bi v moje telo ..., ni grozljivo.)	IZL	2,8	0,13	2,4	0,08	2,5	0,07	-2,69	0,007
Misel, da lahko nanodelci povzročijo onesnaženje, me straši. (O = Misel, da lahko nanodelci ..., me ne straši.)	IZL	2,7	0,10	2,5	0,07	2,5	0,06	-1,62	0,104
Sledim medijskim prispevkom o nanobiologiji.	F2	2,3	0,10	1,7	0,06	1,9	0,05	-5,04	***
Moja poklicna pot bo povezana z nanobiologijo.	F3	2,2	0,11	1,8	0,07	1,9	0,06	-2,94	0,003
O nanobiologiji vem veliko.	F3	1,9	0,10	1,6	0,06	1,7	0,05	-3,61	***

Opomba: O (obrnjeno) – beri obrnjeno trditev; *** $p \leq 0,001$; IZL = izločeno

4.1.7 Analiza znanja o nanobiologiji po letnikih

Znanje o nanobiologiji smo preverjali s pomočjo trditve, ki so jih dijaki označili kot pravilne (»drži«) ali napačne (»ne drži«), če pa odgovora niso poznali, so se odločili za odgovor »ne vem«, ter z vprašanji izbirnega tipa.

V preglednici 10 so trditve, ki so jih dijaki označevali kot »drži«, »ne drži« in »ne vem«, razporejene glede na odstotek pravih odgovorov vseh dijakov. V tem delu statistične obdelave smo k napačnim odgovorom prišteli tudi odgovore »ne vem«.

Skoraj 70 % dijakov ve, da je bolje, če doma odstranjujemo prah z moko krpo kot s sesalnikom in da so nanodelci tudi v domačem prahu (64,5 % dijakov). 69,4 % dijakov pozna dejstvo, da so nanodelci že od nekdaj prisotni v naravi, 60,3 % dijakov pa ve, da lahko ti vstopajo v telo preko kože, prebavil in dihal (preglednica 10).

S statistično pomembno razliko med letniki ($p = 0,027$) so dijaki odgovarjali na vprašanje o velikostnem rangu nanodelcev. 72,5 % drugošolcev ve, da so to skupki materialov, ki so manjši od 100 nm, polovica prvošolcev (51,9 %) pa ni poznala odgovora na to vprašanje (preglednica 10).

Dijaki niso seznanjeni z dejstvom, da so tudi virusi nanodelci (30,0 % pravih odgovorov), da nekateri delci morda povzročajo različne bolezni (21,6 % pravih odgovorov) in da goreča sveča ne zmanjšuje števila nanodelcev v zraku (19,0 % pravih odgovorov) (preglednica 10).

Da nekatere rastline in živali izkoriščajo »nanotehnologijo«, ve malo manj kot 30 % dijakov, s statistično pomembno razliko ($p = 0,001$) so s tem podatkom bolje seznanjeni dijaki 4. letnika (42,9 %), medtem ko je znanje drugo- (18,8 %) in tretješolcev (18,9 %) o tem bistveno slabše (preglednica 10).

Preglednica 10: Primerjava znanja o nanobiologiji glede na letnike (naloge tipa pravilno/napačno)

Table 10: Comparison of knowledge about nanobiology according to grades (true/false type of tasks)

TRDITEV	PRAVILNI ODGOVORI										χ^2 test		
	1. letnik		2. letnik		3. letnik		4. letnik		Skupaj		χ^2	df	p
	n	f(%)	n	f(%)	n	f(%)	n	f(%)	n	f(%)			
Boljši način odstranjevanja prahu v domu je mokra krpa, kot ... sesalnika.	59	72,8	39	56,5	66	73,3	52	74,3	216	69,7	7,31	3	0,063
Že od nekdaj so nanodelci prisotni v naravi.	60	74,1	43	62,3	61	67,8	51	72,9	215	69,4	2,97	3	0,397
Nanodelci so tudi v domačem prahu.	55	67,9	40	58,0	59	65,6	46	65,7	200	64,5	1,78	3	0,619
Nanodelci vstopajo v telo preko kože, prebavil in dihal.	51	63,0	41	59,4	55	61,1	40	57,1	187	60,3	0,58	3	0,901
Nanodelci so skupki materiala in so manjši od 100 nm.	39	48,1	50	72,5	54	60,0	42	60,0	185	59,7	9,17	3	0,027
V delovnem okolju, kjer so prisotni nanodelci, se ni treba zaščititi.	38	46,9	34	49,3	59	65,6	36	51,4	167	53,9	7,28	3	0,064
Nanodelci najtežje vstopijo v telo preko dihal.	39	48,1	35	50,7	43	47,8	25	35,7	142	45,8	3,86	3	0,277
V ozračju je veliko nanodelcev, ki skrajšujejo našo življenjsko dobo.	28	34,6	29	42,0	48	53,3	34	48,6	139	44,8	6,7	3	0,082
Pri kajenju je ..., ki je 100 milijonov nanodelcev v cm ³ .	26	32,1	19	27,5	30	33,3	19	27,1	94	30,3	1,10	3	0,778
Virusi so nanodelci.	33	40,7	21	30,4	23	25,6	16	22,9	93	30,0	7	3	0,072
Nekatere rastline in živali izkoriščajo ... za lažje preživetje.	28	34,6	13	18,8	17	18,9	30	42,9	88	28,4	15,8	3	0,001
Nanodelci, kot TiO ₂ , bi lahko bili... Parkinsonova in Alzheimerjeva ...	16	19,8	13	18,8	18	20,0	20	28,6	67	21,6	2,62	3	0,454
Goreča sveča v zaprtem prostoru zmanjša število nanodelcev v zraku.	10	12,3	16	23,2	16	17,8	17	24,3	59	19,0	4,47	3	0,215

V preglednici 11 so vprašanja izbirnega tipa razporejena glede na odstotek pravih odgovorov vseh dijakov.

Pri tem tipu nalog so dijaki pokazali manj znanja kot pri vprašanjih, kjer so se lahko strinjali ali ne strinjali s trditvami. Pri nalogah izbirnega tipa je le pri enem vprašanju (Katera velikost ustreza kriterijem, da delec spada med nanodelce?) pravilno odgovorilo več kot 50 % dijakov (preglednica 11), medtem ko je bilo takšnih nalog pri nalogah »drži/ne drži« šest (preglednica 10).

Statistično pomembno razliko med letniki ($p = 0,029$) smo zaznali pri vprašanju, ki se je nanašalo na organe, ki so ob vdoru nanodelcev najbolj prizadeti. Da so to jetra in

bezgavke, ve 56,8 % prvošolcev, medtem ko ta podatek pozna samo tretjina drugošolcev (preglednica 11).

Iz znanja o obliki nanodelcev se dijaki po letnikih med seboj statistično pomembno razlikujejo ($p = 0,002$). 52,2 % dijakov 3. letnika ve, da so nanodelci po obliki vlakna, lističi ali kroglice, dijaki 1. letnika pa imajo o tem slabše znanje (24,7 %) (preglednica 11).

Najslabše znanje so dijaki pokazali pri štirih vprašanjih, in sicer: dijaki slabo poznajo naravne nanodelce (18,1 % pravih odgovorov), dijaki ne vedo, da imajo nanodelci v primerjavi z delci »normalnih« velikosti povečano kemijsko aktivnost (17,4 % pravih odgovorov), niso seznanjeni s pojmom nanotehnologija (16,1 % pravih odgovorov) in podatkom, da je TiO_2 na izdelkih označen kot E171 (samo 2,6 % pravih odgovorov) (preglednica 11).

Preglednica 11: Primerjava znanja o nanobiologiji glede na letnike (izbirni tip vprašanj)

Table 11: Comparison of knowledge about nanobiology according to grades (multiple choice questions)

VPRAŠANJE	PRAVILNI ODGOVORI										χ^2 test		
	1. letnik		2. letnik		3. letnik		4. letnik		Skupaj		χ^2	df	p
	n	f(%)	n	f(%)	n	f(%)	n	f(%)	n	f(%)			
1	44	54,3	34	49,3	60	66,7	41	58,6	179	57,7	5,37	3	0,146
6	46	56,8	23	33,3	40	44,4	28	40,0	137	44,2	9,01	3	0,029
8	33	40,7	24	34,8	42	46,7	31	44,3	130	41,9	2,48	3	0,478
2	20	24,7	23	33,3	47	52,2	24	34,3	114	36,8	14,86	3	0,002
5	28	34,6	26	37,7	39	43,3	19	27,1	112	36,1	4,63	3	0,201
7	23	28,4	12	17,4	20	22,2	22	31,4	77	24,8	4,56	3	0,207
4	20	24,7	9	13,0	19	21,1	8	11,4	56	18,1	6,23	3	0,101
3	13	16,0	14	20,3	14	15,6	13	18,6	54	17,4	0,78	3	0,854
10	12	14,8	13	18,8	17	18,9	8	11,4	50	16,1	2,13	3	0,546
9	2	2,5	0	0,0	4	4,4	2	2,9	8	2,6	3,10	3	0,377

Opomba: Vprašanja: 1. Katera velikost ustreza kriterijem, da delec spada med nanodelce? 2. Kakšne oblike so lahko nanodelci? 3. Po katerih lastnostih se nanodelci razlikujejo od delcev »normalnih« velikosti? 4. Kateri odgovor najbolj navaja naravne nanodelce? 5. Največ nanodelcev so aparature za njihovo merjenje zaznale ... 6. Organi, ki so najbolj prizadeti ob vdoru nanodelcev, so ... 7. Kakšne so posledice delovanja nanodelcev v celici zaradi njihove reaktivnosti? 8. Kakšen je učinek nanodelcev v kremah za sončenje? 9. Kako je na izdelkih označen stabilizator izdelkov TiO_2 ? 10. Kaj je nanotehnologija?

4.1.8 Analiza znanja o nanobiologiji po spolu dijakov

V preglednici 12 so trditve, ki so jih dijaki označevali kot »drži«, »ne drži« in »ne vem«, razporejene glede na odstotek pravih odgovorov vseh dijakov.

Do statistično pomembnih razlik med spoloma je prišlo pri dveh trditvah ($p = 0,007$; $p = 0,010$). 80 % fantov ve, da so nanodelci že od nekaj prisotni v naravi, enako znanje pa ima samo 64,7 % deklet. S podatkom, da je v ozračju veliko delcev, ki skrajšujejo življenjsko dobo, je seznanjeno 55,8 % fantov in samo 40 % deklet (preglednica 12).

Preglednica 12: Primerjava znanja o nanobiologiji glede na spol dijakov (naloge tipa pravilno/napačno)

Table 12: Comparison of knowledge about nanobiology according to students' gender (true/false type of tasks)

TRDITEV	PRAVILNI ODGOVORI						χ^2 test		
	Fantje		Dekleta		Skupaj		χ^2	df	p
	n	f (%)	n	f (%)	n	f (%)			
Boljši način odstranjevanja prahu v domu je mokra krpa, kot ... sesalnika.	60	63,2	156	72,6	216	69,7	2,76	1	0,097
Že od nekaj so nanodelci prisotni v naravi.	76	80,0	139	64,7	215	69,4	7,30	1	0,007
Nanodelci so tudi v domačem prahu.	63	66,3	137	63,7	200	64,5	0,19	1	0,660
Nanodelci vstopajo v telo preko kože, prebavil in dihal.	65	68,4	122	56,7	187	60,3	3,75	1	0,053
Nanodelci so skupki materiala in so manjši od 100 nm.	60	63,2	125	58,1	185	59,7	0,69	1	0,406
V delovnem okolju, kjer so prisotni nanodelci, se ni treba zaščititi.	58	61,1	109	50,7	167	53,9	2,84	1	0,092
Nanodelci najtežje vstopijo v telo preko dihal.	48	50,5	94	43,7	142	45,8	1,23	1	0,268
V ozračju je veliko nanodelcev, ki skrajšujejo našo življenjsko dobo.	53	55,8	86	40,0	139	44,8	6,64	1	0,010
Pri kajenju je ..., ki je 100 milijonov nanodelcev v cm^3 .	31	32,6	63	29,3	94	30,3	0,35	1	0,557
Virusi so nanodelci.	30	31,6	63	29,3	93	30,0	0,16	1	0,687
Nekatere rastline in živali izkoriščajo ... za lažje preživetje.	29	30,5	59	27,4	88	28,4	0,31	1	0,579
Nanodelci, kot TiO_2 , bi lahko bili ... Parkinsonova in Alzheimerjeva...	24	25,3	43	20,0	67	21,6	1,08	1	0,299
Goreča sveča v zaprtem prostoru zmanjša število nanodelcev v zraku.	20	21,1	39	18,1	59	19,0	0,36	1	0,547

V preglednici 13 so vprašanja izbirnega tipa razporejene glede na odstotek pravih odgovorov vseh dijakov.

Do statistično pomembnih razlik med fanti in dekleti je prišlo pri petih vprašanjih (vrednost p varira od 0,005 do 0,011), in sicer pri vprašanjih 1, 2, 3, 4 in 5. V vseh petih primerih so fantje pokazali več znanja kot dekleta (preglednica 13).

Tako 68,5 % fantov v primerjavi z 53 % deklet ve, v kateri velikostni razred sodijo nanodelci, 48,4 % fantov pozna raznolikost oblik nanodelcev, med dekleti je takšnih 31,6 %. Da je v izdihanem cigaretnem dimu največ nanodelcev, ve 47,4 % fantov in 31,2 % deklet. 27,4 % fantov in 14 % deklet je prepoznalo naravne nanodelce in 26,3 % fantov ter 13,5 % deklet ve, da je za nanodelce značilna povečana kemijska aktivnost (preglednica 13).

Preglednica 13: Primerjava znanja o nanobiologiji glede na spol dijakov (izbirni tip vprašanj)

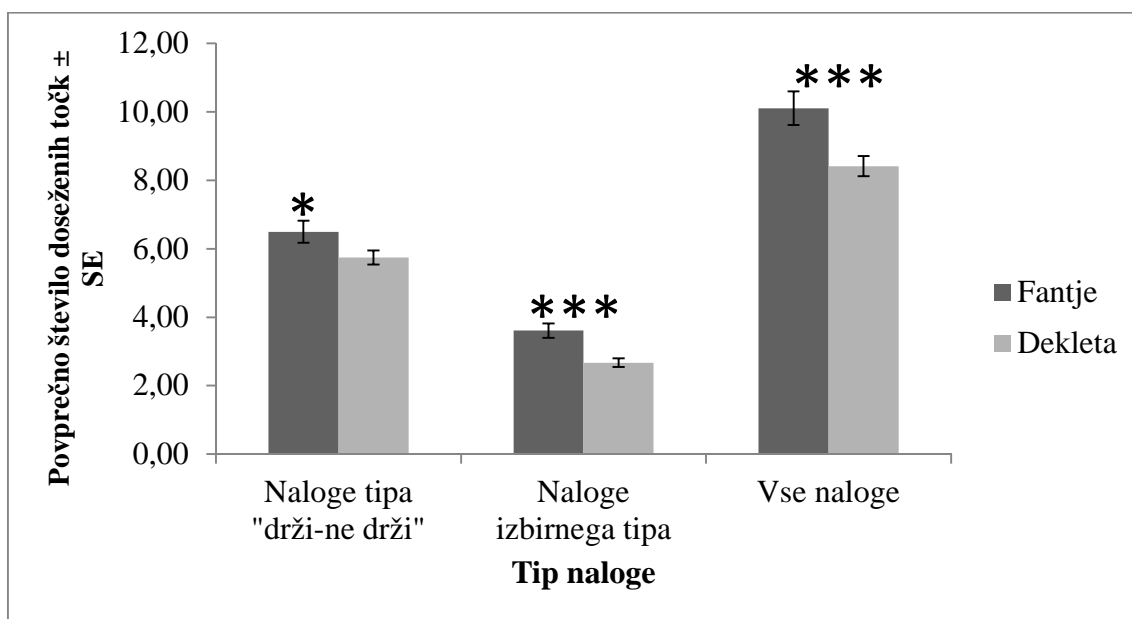
Table 13: Comparison of knowledge about nanobiology according to students'gender (multiple choice questions)

VPRAŠANJE	PRAVILNI ODGOVORI						χ^2 test		
	Fantje		Dekleta		Skupaj		χ^2	df	p
	n	f(%)	n	f(%)	n	f(%)			
1	65	68,4	114	53,0	179	57,7	6,40	1	0,011
6	49	51,6	88	40,9	137	44,2	3,03	1	0,082
8	35	36,8	95	44,2	130	41,9	1,46	1	0,227
2	46	48,4	68	31,6	114	36,8	7,99	1	0,005
5	45	47,4	67	31,2	112	36,1	7,50	1	0,006
7	29	30,5	48	22,3	77	24,8	2,37	1	0,123
4	26	27,4	30	14,0	56	18,1	8,01	1	0,005
3	25	26,3	29	13,5	54	17,4	7,54	1	0,006
10	21	22,1	29	13,5	50	16,1	3,62	1	0,057
9	2	2,1	6	2,8	8	2,6	0,12	1	0,726

Opomba: Vprašanja: 1. Katera velikost ustreza kriterijem, da delec spada med nanodelce? 2. Kakšne oblike so lahko nanodelci? 3. Po katerih lastnostih se nanodelci razlikujejo od delcev »normalnih« velikosti? 4. Kateri odgovor najbolj navaja naravne nanodelce? 5. Največ nanodelcev so aparature za njihovo merjenje zaznale ... 6. Organi, ki so najbolj prizadeti ob vdoru nanodelcev, so ... 7. Kakšne so posledice delovanja nanodelcev v celici zaradi njihove reaktivnosti? 8. Kakšen je učinek nanodelcev v kremah za sončenje? 9. Kako je na izdelkih označen stabilizator izdelkov TiO₂? 10. Kaj je nanotehnologija?

Razliko v znanju med dekleti in fanti prikazuje tudi slika 4, na kateri je prikazano povprečno doseženo število točk. Ker je bilo v prvem delu vprašalnika 13 vprašanj, v drugem delu pa 10, so lahko dijaki iz znanja dosegli maksimalno 23 točk.

Statistično pomembne razlike v znanju med fanti in dekleti smo zaznali tako pri posameznih tipih nalog kot tudi pri vseh nalogah skupaj. Pri nalogah tipa »drži/ne drži« so fantje povprečno dosegli 6,49 točk, dekleta pa 5,74 (Mann-Whitneyjev U-test; $Z = -2,46$, $p = 0,014$). Pri nalogah izbirnega tipa pa so fantje povprečno dosegli 3,61 točk, dekleta pa 2,67 (Mann-Whitneyjev U-test; $Z = -3,80$, $p \leq 0,001$). Skupaj so fantje v povprečju dosegli 10,11 točk, dekleta pa 8,41 (Mann-Whitneyjev U-test; $Z = -3,44$, $p \leq 0,001$) (slika 4).



Slika 4: Primerjava znanja o nanobiologiji glede na spol

Figure 4: Comparison of knowledge about nanobiology according to gender

Opomba: Statistično pomembne razlike so označene z * ($p < 0,05$) in *** ($p \leq 0,001$), SE = standardna napaka; maksimalno število točk pri nalogah »drži/ne drži« je 13 točk, pri nalogah izbirnega tipa 10 točk, skupaj 23 točk.

4.1.9 Analiza odgovorov pri nalogah tipa »drži, ne drži, ne vem«

Pri predhodnih analizah odgovorov pri nalogah tipa »drži/ne drži/ne vem« smo odgovore »ne vem« obravnavali kot napačne. V preglednici 14 pa je prikazana razporeditev vseh možnih odgovorov.

Kar pri sedmih od trinajstih trditvah se je 40 ali več odstotkov dijakov odločilo obkrožiti možnost »ne vem«, pri štirih med njimi pa je odgovor »ne vem« izbralo več kot 50 odstotkov dijakov. 72,9 % dijakov tako ne ve, da bi lahko nekateri nanodelci povzročali bolezni, kot sta Parkinsonova in Alzheimerjeva, prav tako 70,3 % dijakov ne ve, kako goreča sveča v zaprtem prostoru vpliva na število nanodelcev. Odgovor »ne vem« je navedlo 67,7 % dijakov pri trditvi, ki se je nanašala na količino nanodelcev v 1 cm³ izdihanega cigaretnega dima, pri trditvi, da nekatere rastline in živali izkoriščajo »nanotehnologijo« za preživetje, pa je odgovor »ne vem« izbralo 57,7 % dijakov (preglednica 14).

Preglednica 14: Analiza odgovorov pri nalogah tipa »drži, ne drži, ne vem«

Table 14: Analysis of responses to task type "true, not true, I do not know"

TRDITEV	ODGOVORI (%)			
	Drži	Ne drži	Ne vem	Brez odgovora
Boljši način odstranjevanja prahu v domu je mokra krpa, kot ... sesalnika.	69,7	4,8	25,2	0,3
Že od nekdaj so nanodelci prisotni v naravi.	69,4	5,5	24,8	0,3
Nanodelci so tudi v domačem prahu.	64,5	1,9	33,2	0,3
Nanodelci vstopajo v telo preko kože, prebavil in dihal.	60,3	6,1	33,2	0,3
Nanodelci so skupki materiala in so manjši od 100 nm.	59,7	7,1	31,9	1,3
V delovnem okolju, kjer so prisotni nanodelci, se ni treba zaščititi.	7,1	53,9	38,7	0,3
Nanodelci najtežje vstopijo v telo preko dihal.	13,5	45,8	40,0	0,6
V ozračju je veliko nanodelcev, ki skrajšujejo našo življenjsko dobo.	44,8	10,3	44,5	0,3
Virusi so nanodelci.	30,0	22,9	46,5	0,6
Pri kajenju je ..., ki je 100 milijonov nanodelcev v cm ³ .	30,0	1,6	67,7	0,6
Nekatere rastline in živali izkoriščajo ... za lažje preživetje.	28,1	13,9	57,7	0,3
Nanodelci, kot TiO ₂ , bi lahko bili ... Parkinsonova in Alzheimerjeva...	21,6	4,8	72,9	0,6
Goreča sveča v zaprtem prostoru zmanjša število nanodelcev v zraku.	9,7	19,0	70,3	1,0

Opomba: **Potemnjene vrednosti** so pravilni odgovori.

4.1.10 Analiza odgovorov pri nalogah izbirnega tipa

Pri prvih devetih vprašanjih izbirnega tipa je bil možen en pravilni odgovor, pri desetem vprašanju pa dva. V tem delu vprašalnika so dijaki v več kot 50 % svoje neznanje potrdili z odgovorom »ne vem« pri treh vprašanjih (preglednica 15).

Da je TiO₂ kot stabilizator izdelkov na embalažah označen z E171, ne ve 84,8 % dijakov. Prav tako 71,3 % dijakov ne ve, po katerih lastnostih se nanodelci razlikujejo od delcev »normalne« velikosti. Za 55,8 % dijakov so neznane še posledice delovanja nanodelcev v celici zaradi njihove reaktivnosti (preglednica 15).

Preglednica 15: Analiza odgovorov na vprašanja izbirnega tipa

Table 15: Analysis of responses to multiple choice questions

VPRAŠANJE	ODGOVORI NA VPRAŠANJA IZBIRNEGA TIPA (%)																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	VO	BO	1,2	2,4	2,3	2,5	1,4	3,4	1,3	
1	1,0	0,3	1,6	8,4	57,7	<u>30,6</u>				0,0	0,3								
2	12,3	1,3	7,1	36,8	0,6	<u>39,7</u>				2,3	0,0								
3	3,9	17,4	3,5	2,9	<u>71,3</u>					0,3	0,6								
4	15,5	18,1	8,4	14,2	<u>42,9</u>					1,0	0,0								
5	1,6	4,8	10,0	7,7	36,1	<u>38,4</u>				1,0	0,3								
6	44,2	13,9	1,0	1,3	<u>37,4</u>					1,9	0,3								
7	2,9	2,9	3,9	1,0	1,3	3,2	1,0	24,8	<u>55,8</u>	2,9	0,3								
8	41,9	13,2	6,8	4,2	<u>31,9</u>					1,3	0,6								
9	2,6	4,8	4,5	2,3	<u>84,8</u>					0,6	0,3								
10	4,2	18,7	1,3	4,2	<u>26,8</u>					0,0	0,6	21,0	16,1	1,3	0,6	2,6	1,9	0,6	

Opomba: **Potemnjene vrednosti** so pravilni odgovori, podčrtane vrednosti so odgovori "ne vem"; VO = več odgovorov, BO = brez odgovora.

Vprašanja: 1. Katera velikost ustreza kriterijem, da delec spada med nanodelce? 2. Kakšne oblike so lahko nanodelci? 3. Po katerih lastnostih se nanodelci razlikujejo od delcev »normalnih« velikosti? 4. Kateri odgovor najboljše navaja naravne nanodelce? 5. Največ nanodelcev so aparature za njihovo merjenje zaznale ... 6. Organi, ki so najbolj prizadeti ob vdoru nanodelcev, so ... 7. Kakšne so posledice delovanja nanodelcev v celici zaradi njihove reaktivnosti? 8. Kakšen je učinek nanodelcev v kremah za sončenje? 9. Kako je na izdelkih označen stabilizator izdelkov TiO₂? 10. Kaj je nanotehnologija?

4.2 ANALIZA VPRAŠALNIKA GLEDE NA HIPOTEZE

Rezultati, ki so predstavljeni v tem delu raziskave, so pridobljeni na podlagi faktorске analize vprašalnika, s katerim smo ugotavljali mnenje dijakov o biologiji (preglednica 2) in faktorске analize vprašalnika, s katerim smo ugotavljali mnenje dijakov o nanobiologiji (preglednica 3). Trditve, s katerimi smo ugotavljali mnenje o biologiji, so se s faktorško analizo razporedile v tri kategorije mnenj: osebni interes, pouk biologije in biologija kot vrednota. Prav tako so se v tri kategorije mnenj, ki smo jih poimenovali: zanimanje za učenje nanobiologije, napredek nanobiologije in osebni interes za nanobiologijo, s pomočjo faktorске analize razporedile trditve, s katerimi smo ugotavljali mnenje dijakov o nanobiologiji. Povezave, ki jih predstavljamo v nadaljevanju, niso bile izdelane za posamezne trditve stališč iz obeh vprašalnikov, ampak med posameznimi faktorji in letniki, spoloma oziroma doseženim številom točk pri preverjanju znanja.

4.2.1 Primerjava mnenj o biologiji in nanobiologiji glede na letnik in spol

Hipoteza 1: Mnenje o predmetu biologija kot tudi mnenje o nanobiologiji se pri slovenskih gimnazijcih s starostjo (nižji–višji letniki) ne spreminjata, prav tako pa na ta mnenja ne vpliva spol.

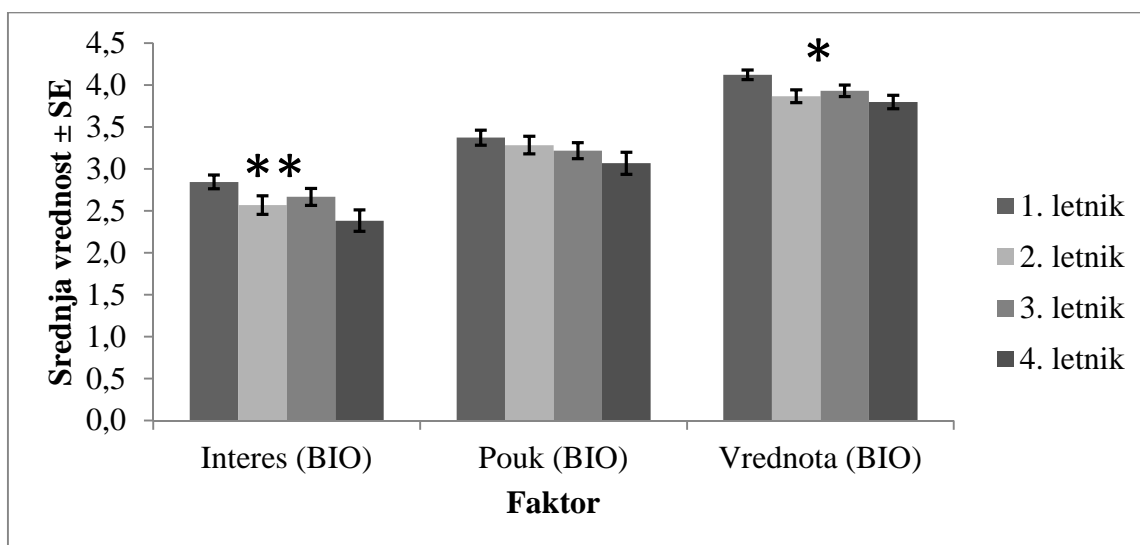
4.2.1.1 Primerjava mnenj o biologiji glede na letnik

Analiza podatkov je pokazala, da obstajajo statistično pomembne razlike med letniki pri dveh kategorijah mnenj o biologiji: pri osebnem interesu do biologije (Kruskal-Wallisov test; $\chi^2 = 12,59$, df 3, $p = 0,006$) in pri biologiji kot vrednoti (Kruskal-Wallisov test; $\chi^2 = 10,37$, df 3, $p = 0,016$), medtem ko takšne razlike pri pouku biologije ni (Kruskal-Wallisov test; $\chi^2 = 3,59$, df 3, $p = 0,309$) (slika 5).

Pri osebnem interesu do biologije, ki je pri dijakih vseh letnikov sorazmerno nizek, izkazujejo dijaki prvega letnika ($M = 2,8$) nekoliko večji interes v primerjavi z dijaki 4. letnika ($M = 2,4$) (slika 5).

Pomena biologije kot vrednote se bolj zavedajo prvošolci ($M = 4,1$), četrtošolci pa ji pripisujejo nekoliko manjšo vrednost ($M = 3,8$). Vrednosti drugo- in tretješolcev pa se nahajajo med obema ($M = 3,9$) (slika 5).

Pri kategoriji, ki preverja mnenje o poučevanju biologije, ni statistično pomembnih razlik med letniki. Srednja vrednost te kategorije za vse letnike znaša 3,2 (slika 5).



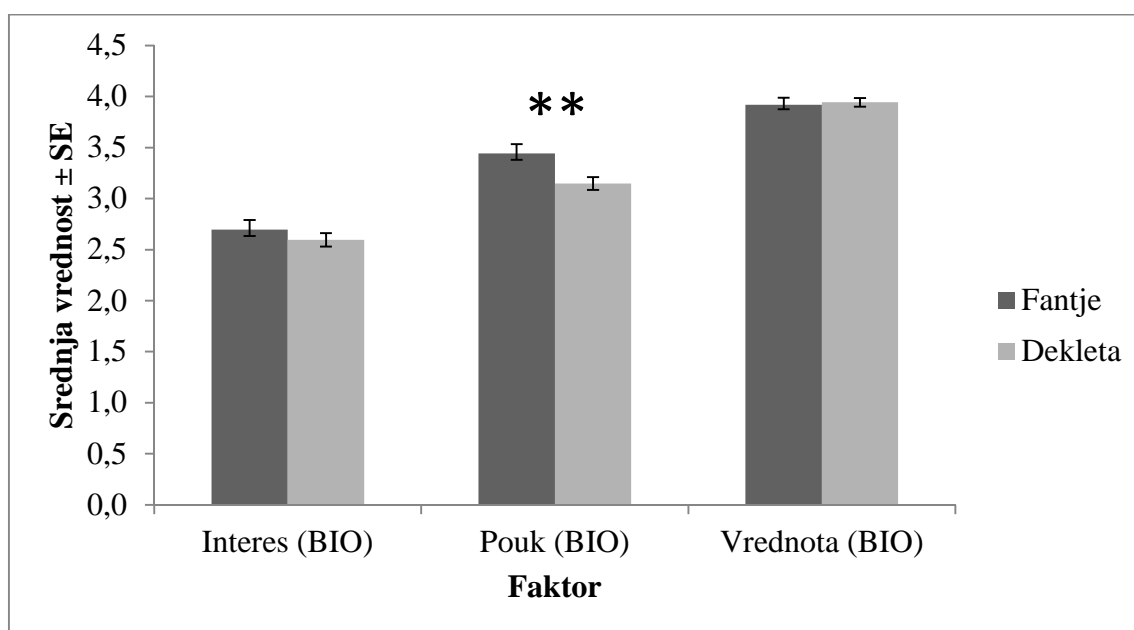
Slika 5: Primerjava mnenj o biologiji glede na letnik
Figure 5: Comparison of attitudes towards biology according to grades

Opomba: Statistično pomembni razliki sta označeni z * ($p \leq 0,05$) in ** ($p \leq 0,01$), SE = standardna napaka.

4.2.1.2 Primerjava mnenj o biologiji glede na spol

Na sliki 6 lahko vidimo, da se fantje in dekleta pri dveh kategorijah mnenj, osebni interes do biologije (Mann-Whitneyjev U-test; $Z = -1,07$, $p = 0,284$) in biologija kot vrednota (Mann-Whitneyjev U-test; $Z = -0,20$, $p = 0,842$), med seboj ne razlikujejo, tako fantje kot dekleta nimajo pretiranega osebnega zanimanja za biologijo ($M = 2,65$), oboji pa precej cenijo biologijo kot vrednoto ($M = 3,9$).

Statistično pomembna razlika med spoloma obstaja pri kategoriji pouk biologije (Mann-Whitneyjev U-test; $Z = -2,73$, $p = 0,006$). Pouk biologije ocenjujejo dijaki ($M = 3,4$) z višjo srednjo vrednostjo kot dijakinje ($M = 3,1$) (slika 6).



Slika 6: Primerjava mnenj o biologiji glede na spol

Figure 6: Comparison of attitudes towards biology according to gender

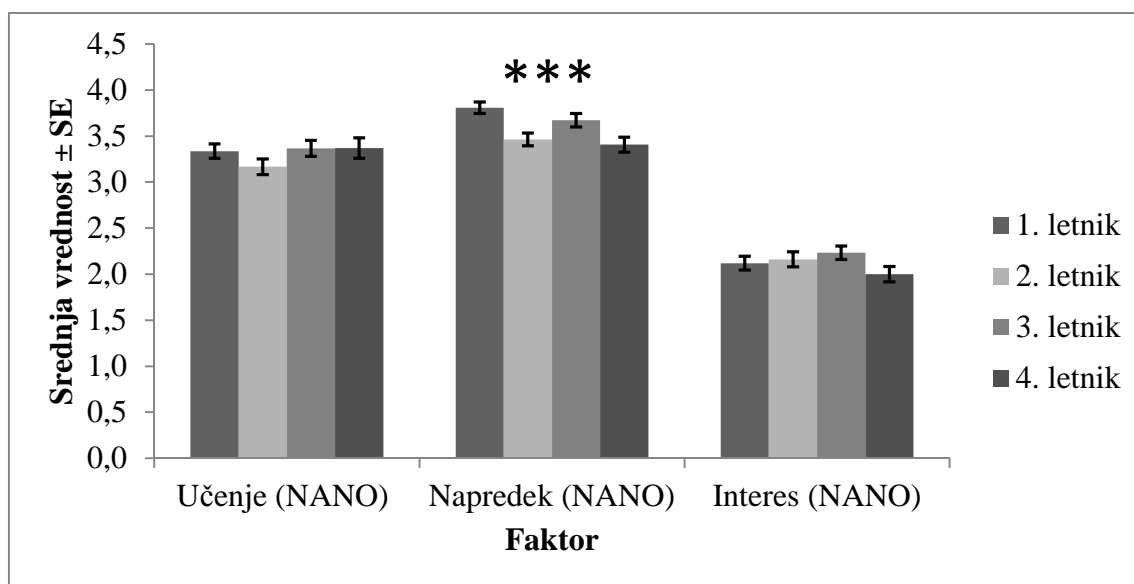
Opomba: Statistično pomembna razlika je označena z ** ($p \leq 0,01$), SE = standardna napaka.

4.2.1.3 Primerjava mnenj o nanobiologiji glede na letnik

Analiza podatkov je pokazala, da obstajajo statistično pomembne razlike med letniki pri eni kategorijah mnenj o nanobiologiji, in sicer pri napredku nanobiologije (Kruskal-Wallisov test; $\chi^2 = 17,19$, df 3, $p \leq 0,001$). Pri zanimanju za učenje nanobiologije (Kruskal-Wallisov test; $\chi^2 = 3,70$, df 3, $p = 0,296$) in pri osebni interesu do nanobiologije (Kruskal-Wallisov test; $\chi^2 = 5,57$, df 3, $p = 0,135$) pa statistično pomembnih razlik nismo zaznali (slika 7).

Vesetje, da nanobiologija vstopa v naša življenja, da se razvija, lajša življenje in prinaša napredek v zdravstvu, se zdi pomembno predvsem dijakom 1. letnika ($M = 3,8$), manj pomembno pa se to zdi dijakom 4. letnika ($M = 3,4$). Srednji vrednosti pri dijakih 2. in 3. letnika so med tema dvema vrednostma ($M = 3,5; 3,7$) (slika 7).

Osebni interes do nanobiologije je pri vseh letnikih nizek (M variira od 2,0 do 2,2) (slika 7).



Slika 7: Primerjava mnenj o nanobiologiji glede na letnik

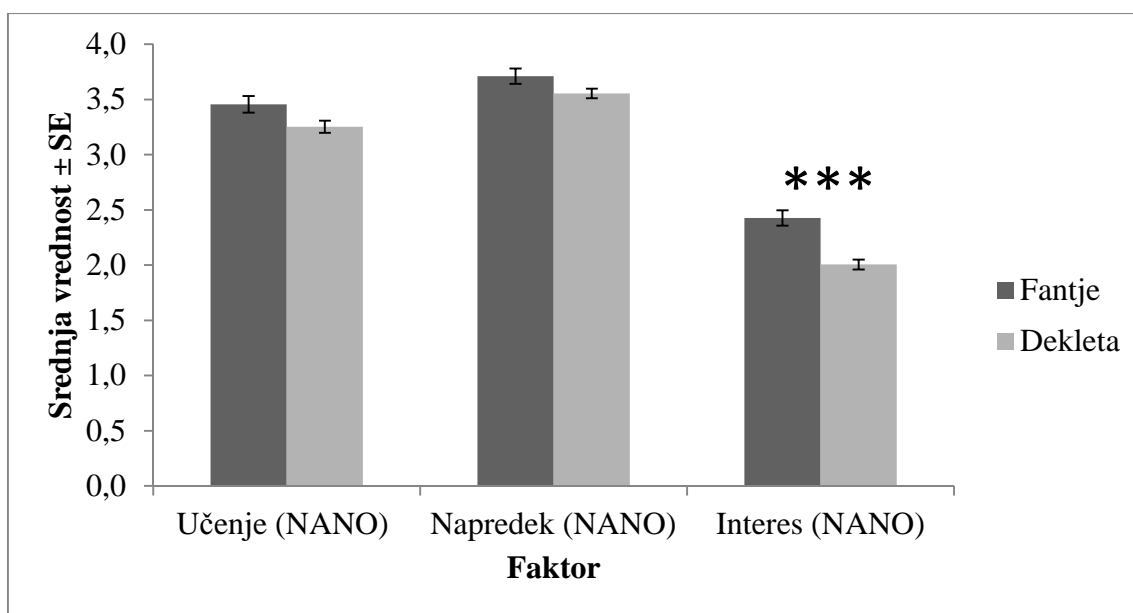
Figure 7: Comparison of attitudes towards nanobiology according to grades

Opomba: Statistično pomembna razlika je označena z *** ($p \leq 0,001$), SE = standardna napaka

4.2.1.4 Primerjava mnenj o nanobiologiji glede na spol

Na sliki 8 lahko razberemo, da se fantje in dekleta pri dveh kategorijah mnenj: zanimanje za učenje nanobiologije (Mann-Whitneyjev U-test; $Z = -1,89$, $p = 0,059$) in napredu nanobiologije (Mann-Whitneyjev U-test; $Z = -1,83$, $p = 0,067$) med seboj ne razlikujejo, tako fantje ($M = 3,5$) kot dekleta ($M = 3,3$) pa izkazujejo zanimanje za učenje nanobiologije in pozitivno ocenjujejo napredek nanobiologije ($M = 3,7$; $3,6$).

Statistično pomembna razlika med spoloma obstaja pri kategoriji osebni interes do nanobiologije (Mann-Whitneyjev U-test; $Z = -5,12$, $p \leq 0,001$). Čeprav je osebni interes do nanobiologije tako pri fantih kot dekletih nizek, fantje ($M = 2,4$) izkazujejo nekoliko večje zanimanje kot dekleta ($M = 2,0$) (slika 8).



Slika 8: Primerjava mnenj o nanobiologiji glede na spol

Figure 8: Comparison of attitudes towards nanobiology according to gender

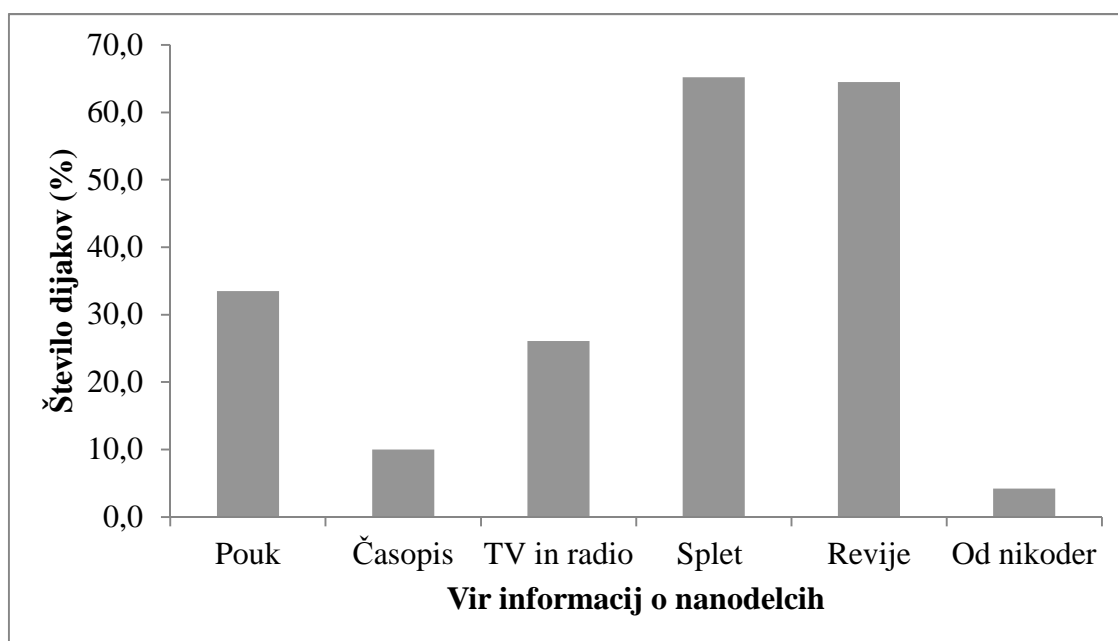
Opomba: Statistično pomembna razlika je označena z *** ($p \leq 0,001$), SE = standardna napaka

4.2.2 Vir informacij o nanodelcih

Hipoteza 2: Glavna vira informacij o nanodelcih za gimnazijce sta televizija in splet.

Dijaki so lahko pri navajanju virov informacij o nanodelcih navedli več virov.

Glavni vir informacij o nanodelcih za dijake sta splet (65,2 %) in poljudnoznanstvene revije (64,5 %), 33,5 % dijakov kot vir navaja pouk, 26,1 % pa televizijo in radio. Najmanj dijakov (10,0 %) je te informacije dobilo iz časopisa (slika 9).



Slika 9: Vir informacij o nanodelcih

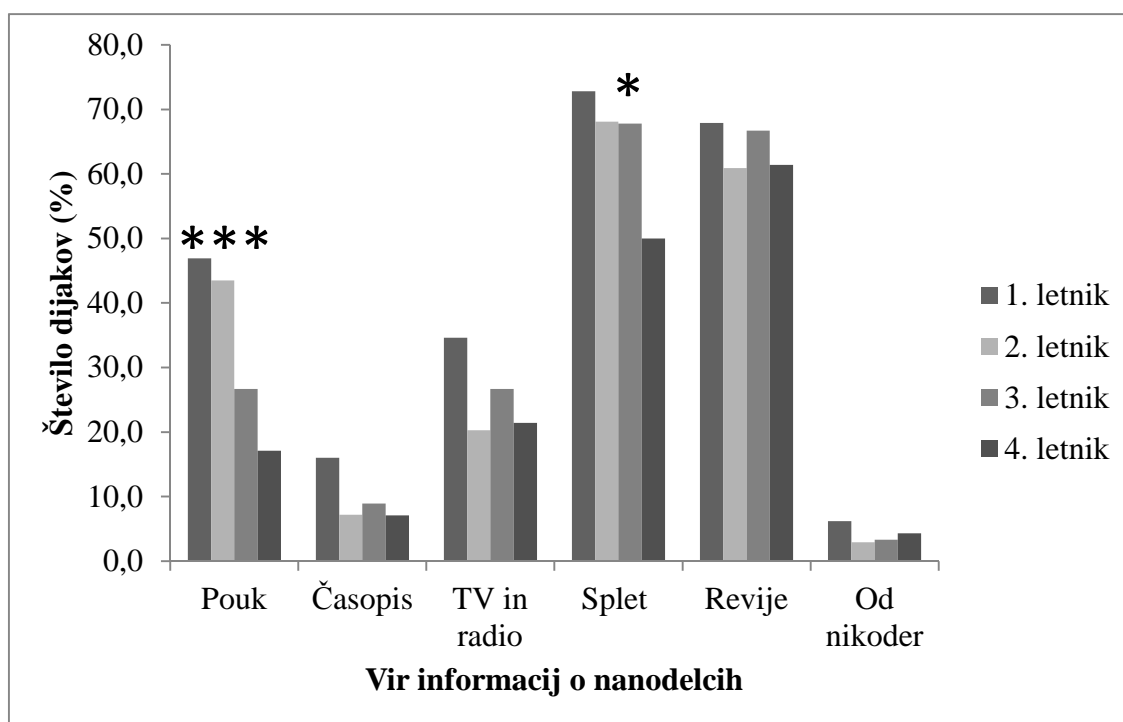
Figure 9: Source of information about nanoparticles

4.2.2.1 Vir informacij o nanodelci glede na letnik

Slika 10 prikazuje deleže razporeditve virov informacij o nanodelcih glede na letnik. Statistično pomembne razlike med letniki lahko opazimo pri dveh virih: pouk (Pearsonov hi–kvadrat test; $\chi^2 = 19,91$, df 3, $p \leq 0,001$) in splet (Pearsonov hi–kvadrat test; $\chi^2 = 9,73$, df 3, $p = 0,021$).

Podatki kažejo bistveno razliko med prvo- in drugošolci v primerjavi s tretje- in četrtošolci, ki kot vir informacij o nanodelcih navajajo pouk: kar 46,9 % prvošolcev in 43,5% drugošolcev ter samo 26,7 % drugošolcev in 17,1 % četrtošolcev pravi, da so dobili informacije o nanodelcih pri pouku (slika 10).

Med dijaki, ki kot vir informacij o nanodelcih navajajo splet, je največ dijakov 1. letnika (72,8 %), sledijo dijaki 2. (68,1 %) in 3. letnika (67,8 %), najmanj pa spet dijaki 4. letnika (50,0 %) (slika 10).



Slika 10: Vir informacij o nanodelcih glede na letnik

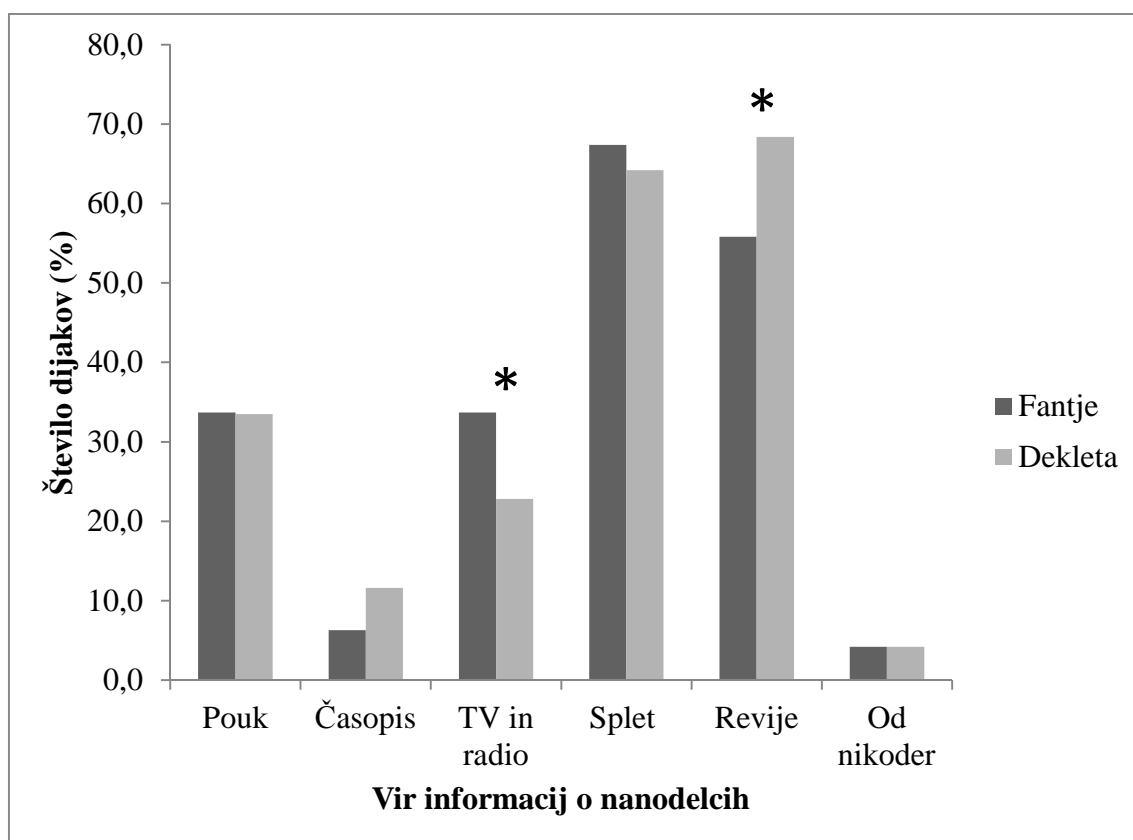
Figure 10: Source of information about nanoparticles according to grades

Opomba: Statistično pomembni razliki sta označeni z * ($p \leq 0,05$) in *** ($p \leq 0,001$).

4.2.2.2 Vir informacij o nanodelci glede na spol

Slika 11 prikazuje deleže razporeditve virov informacij o nanodelcih glede na spol. Statistično pomembne razlike med dekleti in fanti lahko opazimo pri dveh virih: televizija in radio (Pearsonov hi-kvadrat test; $\chi^2 = 4,05$, df 1, $p = 0,044$) in poljudnoznanstvene revije (Pearsonov hi-kvadrat test; $\chi^2 = 4,56$, df 1, $p = 0,033$).

Televizija in radio sta pri fantih (33,7 %) v večjem deležu vir informacij o nanodelcih kot pri dekletih (22,8 %). Očitno pa poljudnoznanstvene revije bere več deklet, saj jih kar 68,4 % trdi, da so informacije o nanodelcih dobile iz revij, medtem ko je takšnih fantov samo 55,8 % (slika 11).



Slika 11: Vir informacij o nanodelcih glede na spol

Figure 11: Source of information about nanoparticles according to gender

Opomba: Statistično pomembni razlike sta označeni z * ($p \leq 0,05$).

4.2.3 Primerjava znanja o nanobiologiji glede na letnik

Hipoteza 3: Splošno znanje dijakov o nanodelcih je ne glede na mnenje o biologiji nizko, vendar imajo dijaki višjih letnikov več znanja o nanobiologiji.

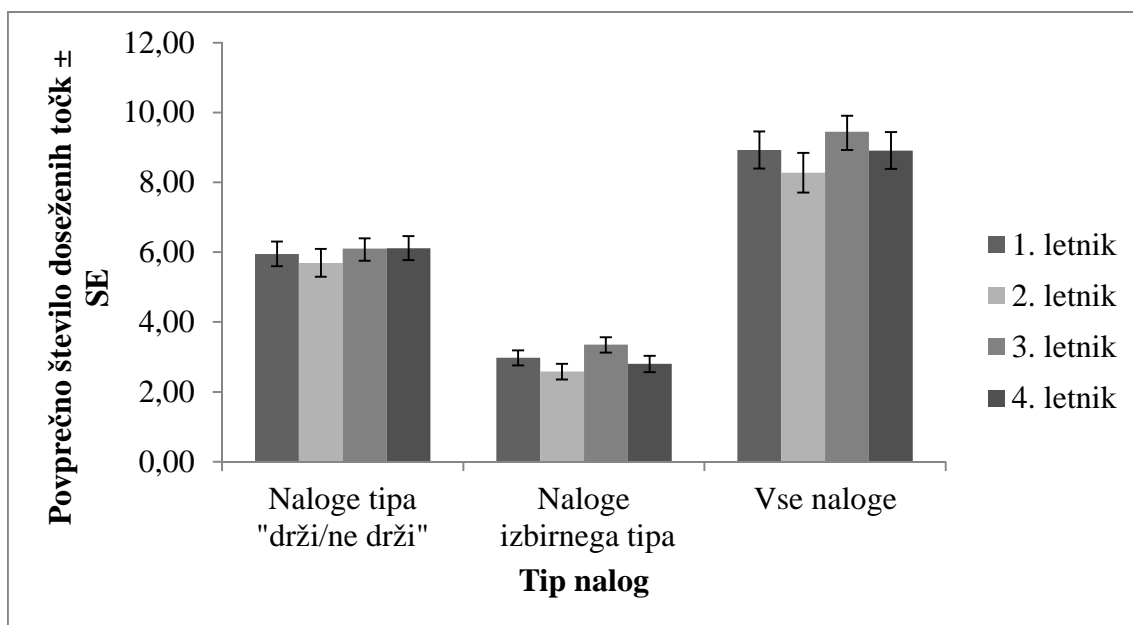
V prvem delu smo znanje dijakov o nanobiologiji preverjali s trditvami, ki so jih ti označili »drži«, »ne drži« in »ne vem«. V tem delu so lahko dosegli 13 točk. V drugem delu je bilo 10 vprašanj izbirnega tipa. Skupaj so tako lahko dijaki dosegli 23 točk.

Dijaki so ne glede na letnik pokazali nizko znanje o nanodelcih. Primerjava med letniki je pokazala, da ne obstajajo statistično pomembne razlike v znanju dijakov različnih letnikov (Kruskal-Wallisov test; $\chi^2 = 2,08$, df 3, $p = 0,555$). To potrjujejo tudi Kruskal-Wallisovi testi za posamezne tipe nalog: tako za naloge »drži/ne drži« ($\chi^2 = 0,65$, df 3, $p = 0,886$) kot tudi za naloge izbirnega tipa ($\chi^2 = 5,96$, df 3, $p = 0,114$).

Pri nalogah tipa »drži/ne drži« so dijaki v povprečju dosegli manj kot 50 % možnih točk. Enako znanje so pokazali četrto- ($M = 6,11$) in tretješolci ($M = 6,10$), medtem ko so v tem delu nekoliko manj znanja pokazali prvošolci ($M = 5,95$), še manj pa drugošolci ($M = 5,70$) (slika 12).

Pri nalogah izbirnega tipa so dijaki v povprečju dosegli manj kot 35 % možnih točk. V tem delu so največ znanja pokazali dijaki 3. letnika ($M = 3,36$), sledijo dijaki 1. ($M = 2,98$) in 4. letnika ($M = 2,80$), najmanj pa dijaki 2. letnika ($M = 2,58$) (slika 12).

V povprečju so pri vseh nalogah dijaki dosegli manj kot 42 % možnih točk. Seštevki obeh tipov nalog kažejo, da imajo o nanobiologiji največ znanja dijaki 3. letnika ($M = 9,46$), sledijo dijaki 1. letnika ($M = 8,93$), ki imajo minimalno prednost pred dijaki 4. letnika ($M = 8,91$), najmanj točk pa so dosegli dijaki 2. letnika ($M = 8,28$) (slika 12).



Slika 12: Primerjava znanja o nanobiologiji glede na letnik

Figure 12: Comparison of knowledge about nanobiology according to grades

Opomba: SE = standardna napaka; maksimalno število točk pri nalogah »drži/ne drži« je 13 točk, pri nalogah izbirnega tipa 10 točk, skupaj 23 točk.

4.2.4 Korelacije med mnenji o biologiji z zanimanjem za učenje o nanobiologiji ter znanjem o nanobiologiji

Hipoteza 4: Dijaki, ki imajo pozitivnejše mnenje o biologiji, imajo večji interes za učenje o nanodelcih in nanobiologiji ter posledično več znanja o tem področju.

Slika 13 prikazuje korelacije med tremi kategorijami, s katerimi smo ugotavljali mnenje dijakov o biologiji in zanimanjem za učenje o nanobiologiji ter posledičnim znanjem o nanobiologiji.

Korelacij z visoko vrednostjo ($r > 0,70$) nismo dobili. Korelacije med mnenjem dijakov o biologiji in zanimanjem za učenje o nanobiologiji so srednje vrednosti ($0,30 < r < 0,70$), korelacija med zanimanjem za učenje o nanobiologiji in znanjem o nanobiologiji pa ima nizko vrednost ($r < 0,30$).

Največja korelacija ($r = 0,563$) je med osebnim interesom za biologijo in učenjem o nanobiologiji, nekoliko nižja ($r = 0,520$) pa med biologijo kot vrednoto in učenjem o nanobiologiji (slika 13). Pouk biologije ($r = 0,368$) v večji meri ne spodbuja želje po učenju nanobiologije.

Korelacija med zanimanjem za učenje o nanobiologiji in znanjem o nanobiologiji pa je nizka ($r = 0,269$) (slika 13).



Slika 13: Korelacije med posameznimi kategorijami mnenja o biologiji in zanimanjem za učenje o nanobiologiji ter posledičnim znanjem iz nanobiologije

Figure 13: Correlations between individual categories of attitude towards biology and interest in learning about nanobiology and consequential knowledge of nanobiology

Opomba: ** pomeni korelacija s srednjo vrednostjo, * pomeni korelacija z nizko vrednostjo.

4.2.5 Vpliv spola na stališče do napredka nanobiologije

Hipoteza 5: Dijakinje so v primerjavi z dijaki bolj kritične do novih tehnologij, vključno z nanobiologijo.

Na sliki 8 lahko razberemo, da se fantje ($M = 3,7$) in dekleta ($M = 3,6$), kar se tiče mnenja o napredku nanobiologije (MannWhitneyjev U-test; $Z = -1,83$, $p = 0,067$), med seboj ne razlikujejo.

Bolj podrobna analiza, ki jo kaže preglednica 9, pa nam pove, da se pri posameznih trditvah mnenja fantov in deklet med seboj statistično pomembno razlikujejo. Fantje ($M = 3,1$) kažejo večje zadovoljstvo nad vstopanjem nanobiologije v naša življenja kot dekleta ($M = 2,8$) ($p = 0,004$). S statistično pomembno razliko ($p = 0,014$) si fantje ($M = 3,7$) v primerjavi z dekleti ($M = 3,5$) v večji meri želijo, da bi se nanobiologija razvijala in nam omogočala lažje življenje (preglednica 9).

Iz preglednice 9 je razvidno tudi, da fantje ($M = 2,3$) s statistično pomembno razliko ($p \leq 0,001$) v večji meri sledijo medijskim prispevkom o nanobiologiji kot dekleta ($M = 1,7$).

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Ker nanoznanost prinaša na eni strani revolucionarno pozitivne rešitve v različnih področjih človekovega delovanja, hkrati pa nanodelci potencialno predstavljajo tudi grožnjo našemu zdravju, smo z raziskavo želeli ugotoviti, kakšno je znanje srednješolcev o nanodelcih in nanobiologiji, od kod izvira to znanje, kakšno je njihovo mnenje o biologiji in nanobiologiji in kako na ti mnenji vplivata starost in spol dijakov, kakšne so korelacije med mnenjem dijakov o biologiji z zanimanjem za učenje o nanobiologiji ter kako se to izraža v znanju dijakov o nanobiologiji.

Raziskava je pokazala, da spol na mnenje dijakov o biologiji in nanobiologiji nima vpliva, prav tako starost dijakov ne vpliva na njihovo mnenje o nanobiologiji, imajo pa mlajši dijaki pozitivnejše mnenje o biologiji v primerjavi s starejšimi. Glavni vir informacij o nanodelcih za dijake sta splet in poljudnoznanstvene revije. Splošno znanje dijakov o nanodelcih in nanobiologije je nizko, dijaki pa se v znanju glede na letnik in na spol med seboj pomembno ne razlikujejo. Korelacije med mnenjem dijakov o biologiji in zanimanjem za učenje o nanobiologiji so izkazovale srednje vrednosti, nizko vrednost smo zaznali pri korelaciji med zanimanjem za učenje o nanobiologiji in znanjem o nanobiologiji. Na splošno se dekleta in fantje v kritičnosti do napredka nanobiologije pomembno ne razlikujejo.

5.1.1 Vpliv starosti in spola dijakov na mnenje o biologiji in nanobiologiji

Hipoteza 1: Mnenje o predmetu biologija kot tudi mnenje o nanobiologiji se pri slovenskih gimnazijcih s starostjo (nižji–višji letniki) ne spreminjata, prav tako pa na ta mnenja ne vpliva spol.

5.1.1.1 Vpliv starosti dijakov na mnenje o biologiji

V delu raziskave, kjer smo proučevali vpliv starosti na mnenje dijakov o biologiji, so se kategorije, s katerimi smo to proučevali, po srednji vrednosti od najmanjše do največje razvrstile v naslednjem vrstnem redu: »osebni interes za biologijo«, »pouk biologije« in »biologija kot vrednota« (slika 5).

Na eni strani obstajajo raziskave, ki ugotavljajo, da s starostjo pozitivnost stališč do biologije upada (Spall in sod., 2004; Prokop in sod., 2007b), druge pa ugotavljajo, da starost dijakov ne vpliva na njihovo mnenje o biologiji (Mavrikaki in sod., 2012). Podobno kot Spall in sod. (2004) ter Prokop in sod. (2007b) ugotavljamo, da imajo mlajši dijaki pozitivnejše mnenje o biologiji v primerjavi s starejšimi. Do podobne ugotovitve je prišla tudi Gnidovčeva (2012), vendar samo pri dijakih veterinarskega programa, medtem ko gimnazijci glede na letnik niso spreminjali odnosa do biologije.

Ugotovili smo, da je osebni interes do biologije pri vseh nizek, vendar pa izkazujejo dijaki 1. letnika, predvsem v primerjavi s četrtošolci, večji interes. Da je biologija veda, ki je pomembna za človeštvo na vseh nivojih našega delovanja, se zavedajo vsi, ponovno pa prvošolci tej pomembnosti dajejo nekoliko večjo težo. Edina kategorija, pri kateri se dijaki po starosti med seboj niso razlikovali, je pouk biologije (slika 5). Da gimnazijci s starostjo ne spreminjajo mnenja o pouku biologije, je ugotovila tudi Gnidovčeva (2012), hkrati pa ugotovila, da to ne velja za dijake strokovnega programa; s poukom biologije so bili starejši dijaki strokovnega programa manj zadovoljni kot mlajši.

Trditve, pri katerih so se razlikovala mnenja dijakov različnih letnikov, so se s faktorsko analizo razvrstila v vse tri faktorje (preglednica 6). Takšnih trditev je bilo pet. V vseh primerih so dijaki 1. letnika pri teh trditvah izkazovali večjo naklonjenost. Ti dijaki imajo v primerjavi s starejšimi rajši biologijo; bolj kot drugim se jim zdi, da je znanje biologije pomembno za njihovo nadaljnjo poklicno pot; med urami biologije se najmanj dolgočasijo in prepričani so, da jim ure biologije pomagajo razvijati naravoslovni način razmišljanja (preglednica 6).

Najbolj se v mnenju o biologiji med seboj razlikujejo dijaki 1. in 4. letnika. Biologija je predmet, ki se izvaja v obveznem programu v prvih treh letnikih, v 4. letniku pa samo za dijake, ki bodo iz tega predmeta opravljali maturo. Ker večina dijakov ni v stiku z biologijo, se njihov interes zanjo zmanjša, prav tako pa znanja o biologiji v večji meri ne povezujejo s poklicno potjo. Vzrok za razlike v mnenju prvo- in četrtošolcev je lahko tudi ta, da učitelji teoretična in abstraktna znanja biologije premalo povezujejo s primeri iz vsakdanjega življenja, zaradi česar biologija v očeh starejših dijakov postane neživljenjska in preveč teoretična, posledično pa manj zanimiva (Čimer (2012)). Do takšnega zaključka je prišla tudi Gnidovčeva (2012), ki je v diplomski nalogi ugotovila, da je interes za biologijo s starostjo bolj upadel bodočim veterinarskim tehnikom kot gimnazijcem, saj prve zanima predvsem praktičnost oziroma uporabnost biologije. Splošni trend o padanju interesa učencev za biologijo kažejo tudi rezultati raziskave TIMMS 2011 (Japelj Pavešić in sod., 2012), saj ugotavljajo, da se je med letoma 2007 in 2011 delež učencev, ki se radi učijo biologijo, iz 46 % zmanjšal na 13 %, v primerjavi z osmošolci drugih držav pa se slovenskim zdi znanje naravoslovja za nadaljnje šolanje manj pomembno.

Naša raziskava je pokazala, da bi bilo vredno razmisliti o spremembah v načinu poučevanja z namenom, da bi se tudi starejši dijaki med urami biologije manj dolgočasili, v večji meri razmišljali o nadaljnji poklicni poti, povezani z biološkimi znanosti in da bi, kot menijo prvošolci, pri pouku biologije še bolj razvijali ustvarjalni in naravoslovni način razmišljanja. Zato bi morali pri pouku biologije v večji meri izvajati aktivnosti, ki bodo dijakom dajale možnost raziskovanja, pojasnjevanja in

nadgrajevanja znanja ter posledično omogočale razvijanje njihovega mišljenja (Rutar Ilc, 2011).

Zanimive ure pouka, pozitivnejši odnos do biologije in trajnejše ter kvalitetnejše znanje je možno doseči na različne načine. Tomažič (2009) tako ugotavlja, da ima izkustveno učenje (v njegovem primeru delo z živimi živalmi) pozitivne učinke tako na znanje kot tudi na odnos do živega. Tudi uporaba animacij pri pouku vpliva na boljše razumevanje, praktično uporabo znanja in sposobnosti sklepanja, zmanjša pa tudi napačne predstave dijakov. Dijake tak način bolj motivira za učenje naravoslovja, poveča se zanimanje in uživanje v naravoslovju, povezava z vsakodnevnim življenjem in vpliv na dijakovo prihodnost (Barak in sod., 2011). Prav tako pogosto zapostavljeni problemsko zasnovani pouk omogoča pridobivanje trajnega vsebinskega znanja in strategij razmišljanja ter veščin, ki jih lahko uporabljamo celo življenje (Hmelo-Silver, 2004; Tandogan in Orhan, 2007), poveča pa se tudi pozitivnost stališč do naravoslovja (Tandogan in Orhan, 2007). Pozitivna naravnost do naravoslovja je pomembna, ker so dijaki, ki imajo pozitivnejše mnenje, odnos oziroma stališče do naravoslovja, učno bolj uspešni (Shabbir Ali in Sher Awan, 2013; Narmadha in Chamundeswari, 2013).

Vprašanja, na katera bi bilo v prihodnosti vredno poiskati odgovore, pa so: Ali je biologija faktografska? Je morda preveč abstraktna? Kakorkoli se že sliši – ali je veda o življenju neživljenjska? Ker se daje velik poudarek znanju (poznavanju), manj pa spretnostim in stališčem, bi bilo treba v prihodnje več pozornost posvetiti tudi tema pomembnima vidikoma pouka biologije.

Del prve hipoteze, ki predvideva, da se mnenje o biologiji ne spreminja, nismo potrdili, saj smo ugotovili, da imajo najbolj pozitivno mnenje o biologiji prvošolci, najmanj pa četrtošolci.

5.1.1.2 Vpliv starosti dijakov na mnenje o nanobiologiji

V delu raziskave, kjer smo proučevali vpliv starosti dijakov na mnenje o nanobiologiji, so se kategorije, s katerimi smo proučevali mnenje dijakov o nanobiologiji, po srednji

vrednosti od najmanjše do največje razvrstili: »osebni interes za nanobiologijo«, »zanimanje za učenje nanobiologije« in »napredek nanobiologije« (slika 7).

Ker raziskav o nanobiologiji med pregledovanjem literature nismo zasledili, smo za primerjavo izbrali drugo nanopodročje, nanotehnologijo, saj tudi slednje raziskuje naravne pojave in razvija orodja v enakem velikostnem razredu. To področje je enako abstraktno kot je nanobiologija.

Sahin in Ekli (2010) sta v raziskavi, ki je vključevala učitelje in študente (bodoče učitelje), ugotovila, da kar 70 % anketirancev izkazuje pozitivna stališča do nanotehnologije, vendar imajo študenti (mlajši) bolj pozitivna stališča do nanotehnologije kot učitelji (starejši), kar očitno kaže na konservativnost starejših. Rezultati naše raziskave so pokazali, da se mnenja dijakov o nanobiologije glede na letnik med seboj ne razlikujejo, morda tudi zato, ker je v našem primeru starostna razlika med anketiranci manjša.

Razliko med dijaki glede na letnik smo zaznali samo pri kategoriji, s katero se ocenjuje napredek nanobiologije (slika 7). Podobno kot v drugih raziskavah (Burri in Bellucci, 2008; Cormick, 2009; Sahin in Ekli, 2010; Gardner in sod., 2010) so dijaki na splošno v naši raziskavi z visoko srednjo vrednostjo izkazali največje zadovoljstvo za tisti del napredka nanobiologije, ki se povezuje z medicino. Vendar pa se dijaki 1. letnika v primerjavi z drugimi letniki bolj veselijo, da nanobiologija vstopa v naša življenja, da se razvija in lajša življenje ter prinaša napredek v zdravstvu (preglednica 8). Osebni interes do nanobiologije je pri vseh podpovprečen (slika 7).

Statistično pomembno razliko smo zaznali še pri trditvi: posamezniki, ki zaključijo formalno izobraževanje (gimnazija), ne dobijo ustreznega znanja o nanobiologiji in njeni uporabi, ki se je razvrstila v kategorijo »zanimanje za nanobiologijo«. Dijaki 3. in 4. letnika menijo, da med šolanjem v gimnazijskem programu ne dobijo dovolj znanja o nanobiologiji in njeni uporabi, v nasprotju z dijaki 1. in 2. letnika, ki menijo, da jim gimnazijski program daje več teh znanj (preglednica 8). Ker teme o nanobiologiji niso del učnega načrta (Vilhar in sod., 2008), je težko pojasniti, zakaj imajo mlajši dijaki takšno mnenje. Ena od možnih razlag je, da so nanodelce zamenjali s strukturami

evkariontske celice, ki se obravnavajo v 1. letniku, pri tem pa zanemarili velikostna razmerja za večino teh struktur.

Del prve hipoteze, ki predvideva, da se mnenje o nanobiologiji s starostjo ne spreminja, smo potrdili.

5.1.1.3 Vpliv spola dijakov na mnenje o biologiji

V delu raziskave, kjer smo proučevali vpliv spola na mnenje dijakov o biologiji, so se po srednji vrednosti od najmanjše do največje tudi tukaj razvrstili: »osebni interes za biologijo«, »pouk biologije« in »biologija kot vrednota« (slika 6).

Tako kot Uşak in sod. (2009), Nasr in Soltani (2011), Mavrikaki in sod. (2012) ter Gnidovec (2012) smo ugotovili, da se fantje in dekleta enako opredeljujejo do biologije. V nasprotju z našimi spoznanji pa drugi raziskovalci (Jones in sod., 2000; Prokop in sod., 2007a; Prokop in sod., 2007b; Zeidan, 2010; Ekici in Hevedanli, 2010) ugotavljajo, da so dekleta bolj zainteresirana za biologijo oziroma imajo pozitivnejša stališča do biologije kot fantje.

Rezultati naše raziskave so pokazali, da se mnenje dijakov v primerjavi z dekleti razlikuje samo pri 4 od 18 trditev (preglednica 7). Tri so se razvrstile v faktor »pouk biologije« (preglednica 2). (1) Fantom se zdijo ure biologije manj zahteve kot dekletom, (2) prav tako bolje razumejo snov, ki se jo učijo pri biologiji. Do podobnih rezultatov so prišli tudi Osborne in sod. (2003) ter Jones in sod. (2000), medtem ko se slovaškimi fantom v primerjavi z dekleti zdi biologija težja (Prokop in sod., 2007a). (3) Fantom je tudi bolj kot dekletom všeč način poučevanja njihovega učitelja. S trditvijo, da bo biologija uspela najti rešitve tudi za največje okoljske probleme (razvrstila se je v faktor »biologija kot vrednota«), pa so se bolj strinjala dekleta kot fantje.

Srednja vrednost, s katero so dekleta in fantje v naši raziskavi izkazali interes do biologije, je sorazmerno nizka (slika 6), veseli pa dejstvo, da naši dijaki v nasprotju z drugimi (Prokop in sod., 2007b, Mavrikaki in sod., 2012) precej visoko ocenjujejo

vrednost in pomen biologije (slika 6). V tej kategoriji se naši fantje in dekleta med seboj niso razlikovali, nasprotno pa v turški raziskavi (Uşak in sod., 2009) ugotavljajo, da se zdi študentom biologija nekoliko bolj pomembna kot študentkam.

Del prve hipoteze, ki predvideva, da se mnenje dijakov o biologije po spolu ne razlikujejo, smo potrdili.

5.1.1.4 Vpliv spola dijakov na mnenje o nanobiologiji

V delu raziskave, kjer smo proučevali vpliv spola na mnenje dijakov o nanobiologiji, so se po srednji vrednosti od najmanjše do največje tudi tukaj razvrstili: »osebni interes za nanobiologijo«, »zanimanje za učenje nanobiologije« in »napredek nanobiologije« (slika 8).

Splošna ugotovitev je, da se dekleta in fantje v mnenju o nanobiologiji med seboj ne razlikujejo. Edina statistično pomembna razlika se je pokazala pri osebnem interesu do nanobiologije. Čeprav je interes pri obeh nizek, fantje kljub temu kažejo nekoliko večje zanimanje za nanobiologijo kot dekleta (slika 8). Do podobnih rezultatov so prišli tudi raziskovalci, ki so ugotavljali vpliv spola na interes do znanosti oziroma do tehnologij na splošno (Jones in sod., 2000).

Pri pregledu posameznih trditev (preglednica 9) smo ugotovili, da fantje v primerjavi z dekleti kažejo večje zadovoljstvo nad vstopanjem nanobiologije v naše življenje, v večji meri želijo, da bi se nanobiologija razvijala in nam olajšala življenje, želijo si, da bi mediji več časa namenili prispevkom o razvoju nanobiologije, prav tako bi tudi raje gledali poljudnoznanstvene oddaje o nanobiologiji. Ker gre za manjšino trditev, to statistično pomembne ne izkazuje razlik med fanti in dekleti.

V prvi hipotezi smo med drugim predvidevali, da na mnenje o nanobiologiji spol nima vpliva, kar so pokazali tudi rezultati, zato smo ta del prve hipoteze potrdili.

5.1.2 Viri informacij o nanodelcih

Hipoteza 2: Glavna vira informacij o nanodelcih za gimnazijce sta televizija in splet.

Ker učni načrt za biologijo (Vilhar in sod., 2008) ne vključuje tem o nanodelcih, smo v naši hipotezi predvidevali, da sta glavna vira informacij o nanodelcih televizija in splet. Do takšnih rezultatov so prišli tudi turški raziskovalci (Sahin in Ekli, 2013), saj so ugotovili, da se je 30 % dijakov z nanotehnologijo seznanilo preko televizije, 10 % pa preko spleta in revij.

Naši rezultati se razlikujejo od turških (Sahin in Ekli, 2013), saj je dobrih 65 % dijakov kot glavni vir informacij o nanodelcih navedlo splet, dobrih 64 % pa poljudnoznanstvene revije (lahko so izbrali več virov). Samo 26 % dijakov je kot vir navedlo televizijo, nenavadno pa je, da je dobrih 30 % dijakov kot vir navedlo pouk (slika 9).

Med tistimi, ki so kot vir informacij o nanodelcih navedli splet, je bilo največ dijakov 1. letnika (72,8 %), z minimalno prednostjo pred drugo- in tretješolci (malo pod 70 %), med dijaki 4. letnika pa je bilo takšnih samo polovica (slika 10).

Podrobnejša analiza podatkov je prav tako pokazala bistveno razliko med prvo- in drugošolci v primerjavi s tretje- in četrtošolci, v primeru, ko so dijaki kot vir informacij o nanodelcih navedli pouk. Skoraj polovica prvošolcev in nekoliko manj drugošolcev ter dobra četrtina tretješolcev in slaba petina četrtošolcev pravi, da so dobili informacije o nanodelcih pri pouku (slika 10). Ker teme o nanodelcih niso del učnega načrta za biologijo (Vilhar in sod., 2008), prav tako pa tudi ne za kemijo (Bačnik in sod., 2008) ali fiziko (Planinšič in sod., 2008), so takšni rezultati presenetljivi. V našo raziskavo niso bili vključeni učitelji omenjenih naravoslovnih predmetov, zato ne vemo, kako dobro ti poznajo nanobiologijo in v kolikšni meri, če sploh, pri pouku naravoslovnih predmetov vpletajo spoznanja te vede.

Več fantov kot deklet je kot vir informacij o nanodelcih navedlo televizijo, očitno pa poljudnoznanstvene revije bere več deklet kot fantov, saj je skoraj 70 % deklet v primerjavi z dobrimi 55 % fantov kot vir navedlo poljudnoznanstvene revije (slika 11). Naše ugotovitve lahko povežemo z rezultati mednarodne raziskave PISA 2012 (Štraus in sod., 2013), ki so pokazali, da so dekleta pri bralni pismenosti boljše od fantov. Skrb zbujajoče pa je dejstvo, da je bralna pismenost naših dijakov v primerjavi z ostalimi podpovprečna.

Ker največ dijakov kot vir informacij o nanodelcih navaja splet in poljudnoznanstvene revije, je naša druga hipoteza le delno potrjena.

5.1.3 Znanje dijakov o nanobiologiji

Hipoteza 3: Splošno znanje dijakov o nanodelcih je ne glede na mnenje o biologiji nizko, vendar imajo dijaki višjih letnikov več znanja o nanobiologiji.

Dijaki so ne glede na letnik pričakovano pokazali nizko znanje o nanodelcih in nanobiologiji, vendar se dijaki različnih letnikov med seboj v znanju o »nano« pomembno ne razlikujejo (slika 12, preglednici 10 in 11). Rezultati se tako ujemajo s samoocentivjo dijakov o poznavanju tega področja (preglednica 8), niso pa skladni z rezultati turške raziskave, ki je pokazala, da imajo starejši učenci več znanja o nanotehnologiji kot mlajši (Sahin in Ekli, 2013).

Pri nalogah tipa »drži/ne drži« so dijaki v povprečju dosegli manj kot 50 % možnih točk (slika 12). V tem delu so več znanja o nanobiologiji pokazali dijaki 3. in 4. letnika, najmanj pa drugošolci. Še manj znanja so vsi dijaki pokazali pri nalogah izbirnega tipa, kjer so v povprečju dosegli manj kot 30 % možnih točk (slika 12). Ko smo sešteli dosežke obeh tipov nalog, smo ugotovili, da so dijaki v povprečju dosegli manj kot 42 % vseh možnih točk. V seštevku vseh nalog so bili najboljši tretješolci, najslabši pa drugošolci.

Samo pri 7 nalogah od 23 je več kot 50 % dijakov podalo pravilni odgovor (preglednici 10 in 11). Največ znanja so pokazali pri vprašanjih (1) o učinkovitem načinu odstranjevanja hišnega prahu, (2) prisotnosti nanodelcev v naravi in domačem prahu, (3) načinu vstopanja nanodelcev v telo in pri dveh vprašanjih, ki so se nanašala na velikostni razred nanodelcev.

Dijaki so glede na letnik pokazali statistično pomembno razliko v znanju samo pri 4 nalogah. Skoraj tri četrtine drugošolcev, ki so sicer pokazali najmanj skupnega znanja o nanobiologiji, ve, da so nanodelci manjši od 100 nm, to znanje pa ima samo slaba polovica prvošolcev in 60 % tretje- in četrtošolcev. Najbolj so z dejstvom, da nekatere rastline in živali izkoriščajo »nanotehnologijo« za lažje preživetje, seznanjeni dijaki 4. letnika (dobrih 42 %), najmanj pa dijaki 2. in 3. (slabih 19 %). Največ znanja, da so po vdoru nanodelcev v kri najbolj prizadeta jetra in bezgavke, so presenetljivo pokazali dijaki 1. letnika (skoraj 57 %), najmanj pa zopet dijaki 2. letnika (samo dobrih 33 %). Več kot polovica dijakov 3. letnika pa ve, da so nanodelci lahko v obliki vlaken, lističev ali kroglic, medtem ko dijaki ostalih letnikov v tem delu izkazujejo bistveno manj znanja (manj kot 35 % pravilnih odgovorov) (preglednica 11). Kot so pokazali zgornji rezultati, je znanje o nanobiologiji in nanodelcih po letnikih zelo razpršeno. Takšni izsledki vodijo do zaključka, da je realno poznavanje tega področja verjetno še slabše, kot kažejo naši rezultati.

Analiza znanja o nanobiologiji glede na spol je pokazala, da pri večini nalog statistično pomembnih razlik med dekleti in fanti ni bilo (preglednica 12). Naše ugotovitve se torej ne skladajo z ugotovitvami raziskave PISA 2012 (Štraus in sod., 2013), kjer so dekleta pokazala boljše naravoslovno pismenost kot fantje, so pa skladne z raziskavo TIMSS 2011 (Japelj Pavešić in sod., 2012), kjer, podobno kot mi pri znanju o nanobiologiji, razlik v znanju biologije med dekleti in fanti niso ugotovili.

Pri nalogah, kjer smo zaznali razliko med fanti in dekleti, je bila ta razlika v znanju vedno v korist fantov (preglednici 12 in 13). Ker so fantje pokazali večji interes za nanobiologijo (slika 8), se vsaj v tem ožjem delu kaže pozitivna povezava med interesom za nanobiologijo in znanjem iz tega področja. V tem delu naša raziskava

podpira spoznanja raziskovalcev, ki ugotavljajo, da imajo fantje do tehničnoznanstvenega razvoja pozitivnejši odnos od deklet (Simonneaux in sod., 2013) in tistih, ki ugotavljajo pozitivne povezave med interesom in znanjem (Shabani in sod., 2011).

Ker je splošno znanje o nanobiologiji nizko, tako kot smo predvideli v naši hipotezi, hkrati pa smo ugotovili, da dijaki višjih letnikov ne izkazujejo več znanja o nanobiologiji, kot smo pričakovali, je naša tretja hipoteza le delno potrjena.

5.1.4 Korelacija med mnenjem o biologiji, zanimanjem za učenje nanobiologije in znanjem o nanobiologiji

Hipoteza 4: Dijaki, ki imajo pozitivnejše mnenje o biologiji, imajo večji interes za učenje o nanodelcih in nanobiologiji ter posledično več znanja o tem področju.

Raziskav, ki bi proučevale korelacijo med mnenjem o biologiji, interesom za učenje o nanobiologiji in znanjem o nanobiologiji, nismo našli, zato naših rezultatov ne moremo primerjati z izsledki drugih raziskav.

Korelacije med mnenjem dijakov in zanimanjem za učenje o nanobiologiji so izkazovale srednje vrednosti, nizko vrednost pa smo zaznali pri korelaciji med zanimanjem za učenje o nanobiologiji in znanjem o nanobiologiji (slika 13). Podobno kot nismo našli povezav med zanimanjem za učenje o nanobiologiji in znanjem o nanobiologiji, Tomažič (2011) ni našel povezav med znanjem in stališči za manj abstraktne vsebine, in sicer za povezave med poznavanjem dejstev o kačah in stališči do kač, kar kaže na to, da nivo znanja vedno ne oblikuje pozitivnejših stališč, vprašanje pa je, kako vplivajo močna stališča (predsodki) na pridobivanje znanja.

Na zanimanje za učenje o nanobiologiji ima med vsemi faktorji največji vpliv osebni interes za biologijo, nekoliko manjšega pa pomen in vrednost biologije. Pouk biologije, verjetno tudi zato, ker se tem o nanobiologiji v srednji šoli ne obravnava (Vilhar in sod.,

2008), pa v večji meri ne spodbuja želje po učenju nanobiologije. Podobno Abrahams (2009) v raziskavi ugotavlja, da je glavni dejavnik, ki spodbuja željo po znanju naravoslovja, osebni interes, medtem ko situacijski interes (praktično delo) nima dolgotrajnejšega učinka, ne na povečanje osebnega interesa do naravoslovja ne do večje želje po pridobivanju znanja o tem področju. Ključni faktorji, ki vplivajo na osebni interes, so pomembnost, usposobljenost, identifikacija, kulturna vrednost, socialna podpora, predznanje in čustva.

Dijaki izkazujejo željo po učenju o nanobiologiji (preglednica 8), a ker je korelacija med zanimanjem za učenjem o nanobiologiji in znanjem o nanobiologiji nizka (slika 13), lahko zaključimo, da dijaki sicer imajo željo po učenju o nanobiologiji, da pa informacije, ki jih v glavnem dobijo na spletu in v poljudnoznanstvenih revijah (slika 9), ne vplivajo na njihovo povečano znanje o nanobiologiji (slika 12).

Ravno zaradi želje dijakov po znanju o nanobiologiji, bi bilo dobro, da bi učitelji vključili v pouk določene primere iz narave, zdravja (medicine) in (bio)nanotehnologije, vezane na nanobiologijo.

Ker smo ljudje zaradi hitrega razvoja nanotehnologij vedno bolj izpostavljeni namensko proizvedenim nanodelcem, v zadnjem obdobju intenzivno proučujejo vpliv nanodelcev na zdravje. Pri biologiji človeka bi tako lahko učitelji dijake seznanili, da so nanodelci med »osumljenci«, ki povzročajo astmo ali pljučnega raka (Bonner, 2010), bolezni prebavil (Gatti, 2004) ali aterosklerozo (Zhu in sod., 2011).

Pri temah, ki so vezane na rastline, bi lahko na lotosovem listu pokazali t. i. lotosov efekt, ki jim omogoča ohranjanje čistost listov, saj imajo ti listi superhidrofobno in v nanometrskem merilu hrapavo površino, ki kapljicam vode ne dovoljuje, da bi se oprijele njihove površine, in če je površina lista rahlo nagnjena, kapljice z majhnimi delci umazanije odtečejo (Bhushan in sod., 2009).

Prav tako se pri temah o živalih ponujajo priložnosti vključevanja »nanotehnologij« iz narave. Sposobnost nekaterih živali, kot so muhe in pajki, da hodijo po stenah in stropu,

je že en tak primer. Na nogah imajo tanke dlačice, ki jim dovoljujejo, da se površini približajo na nekaj nanometrov in takrat nastanejo šibke van der Waalsove vezi, ki zaradi adhezijskih točk nosijo njihovo težo, se pa, podobno kot lepilni trak, te vezi pri premikanju tudi sprostijo (Northen in Turner, 2005).

Pozitivne učinke bi dosegli, če bi učitelji spodbujali dijake, da bi samostojno s pomočjo spleta, poljudnoznanstvenih revij ali ogledov naravoslovnih oddaj na televiziji enkrat mesečno pripravili kratke predstavitve novosti ali zanimivosti iz nanobiologije in jih v nekaj minutah predstavili sošolcem. S tem bi učitelji pri dijakih razvijali enega od procesnih ciljev: iskanje bioloških informacij in kritične presoje strokovne korektnosti bioloških informacij iz različnih virov (Vilhar in sod., 2008), hkrati pa bi dijaki pridobivali znanje o novih spoznanjih iz nanobiologije, ki se v šoli še ne obravnavajo. Tako bi se vsekakor povečalo znanje in interes za nanobiologijo, to pa bi vplivalo tudi na večje zanimanje dijakov za poklicne poti povezane z nanobiologijo (Shabani in sod., 2011).

Ena od omejitev raziskave je, da smo pri dijakih najprej preverjali mnenje o biologiji, sledilo je preverjanje znanja o nanobiologiji in na koncu mnenja o nanobiologiji. Dijaki so si tako lahko oblikovali mnenje o nanobiologiji na podlagi vprašanj, s katerimi smo preverjali znanje iz nanobiologije. Da bi preverili, če je tako pripravljen vprašalnik vplival na mnenje dijakov o nanobiologiji, bi morali določenemu številu anketirancev zamenjati vrsti red izpolnjevanja posameznih sklopov vprašalnika, česar žal nismo naredili.

Mnenje dijakov o biologiji vpliva na njihov interes za učenje o nanobiologiji, vendar se ta interes ne kaže v večjem znanju o nanobiologiji. Ugotavljamo, da smo četrto hipotezo samo delno potrdili.

5.1.5 Vpliv spola na stališče do napredka nanobiologije

Hipoteza 5: Dijakinje so v primerjavi z dijaki bolj kritične do novih tehnologij, vključno z nanobiologijo.

V zadnji hipotezi smo predvidevali, da so dekleta bolj kritična do novih tehnologij, katerim dajo temelje tudi spoznanja iz nanobiologije. Do takšnega spoznanja so prišli Simonneaux in sod. (2013), ki ugotavljajo, da so fantje pozitivneje naravnani glede tehniško-znanstvenega razvoja v primerjavi z dekleti. Hkrati pa drugi raziskovalci (Sahin in Ekli, 2013) ne ugotavljajo razlik med spoloma, ko gre za ocenjevanje razmerja koristi in nevarnosti, ki jih predstavlja nanotehnologija.

Na splošno tako kot Sahin in Ekli (2013) ugotavljamo, da se fantje in dekleta v odnosu do napredka nanobiologije med seboj statistično pomembno ne razlikujejo (slika 8). Kljub temu, da dijaki nimajo veliko znanja iz nanobiologije (slika 12), so srednje vrednosti, ki kažejo naravnost do napredka nanobiologije, visoke (slika 8).

Bolj podrobna analiza pa je kljub vsemu pokazala, da so dekleta vsaj do neke mere bolj kritična do razvoja nanobiologije kot fantje (preglednica 9). Fantje v primerjavi z dekleti izkazujejo večje zadovoljstvo nad vstopanjem nanobiologije v naša življenja, v večji meri podpirajo razvoj nanobiologije, ki nam bo omogočala lažje življenje, in v večji meri sledijo medijskim prispevkom o nanobiologiji kot dekleta.

Ker statistično pomembnih razlik med fanti in dekleti v kritičnosti do novih tehnologij nismo zaznali, naše zadnje hipoteze nismo potrdili.

5.2 SKLEPI

S pomočjo raziskave smo prišli do naslednjih ugotovitev:

1. Na mnenje dijakov o biologiji in nanobiologiji spol nima vpliva, prav tako na mnenje dijakov o nanobiologiji ne vpliva starost, imajo pa mlajši dijaki pozitivnejše mnenje o biologiji v primerjavi s starejšimi. Pozitivno naravnost do biologije mlajši dijaki izkazujejo s tem, da imajo radi ure biologije, ki jim omogočajo učinkovit razvoj naravoslovnega mišljenja in med katerimi se ne dolgočasijo. Da bi takšno naravnost ohranili tudi starejši dijaki, bi morali v pouk vključevati več aktivnih metod učenja, ki bi jim zagotavljale trajna vsebinska znanja, kot tudi izgradnjo strategij razmišljanja in veščin za vseživljenjsko uporabo, vse to pa bi vplivalo tudi na pozitivnost stališč do biologije.
2. Glavni vir informacij o nanodelcih za dijake sta splet in poljudnoznanstvene revije, v manjši meri pa televizija in tudi pouk, čeprav tem iz nanobiologije učni načrti naravoslovnih predmetov ne vsebujejo.
3. Splošno znanje dijakov o nanodelcih in nanobiologiji je nizko, dijaki pa se v znanju glede na letnik in na spol med seboj pomembno ne razlikujejo. V povprečju so dosegli manj kot 42 % vseh možnih točk in le pri 7 nalogah od 23 je več kot 50 % dijakov pravilno odgovorilo na vprašanje. Pri posameznih nalogah pa so bili v ospredju enkrat dijaki enega, drugič drugega letnika, kar kaže na razpršenost znanja o nanodelcih in nanobiologiji.
4. Korelacije med mnenjem dijakov in zanimanjem za učenje o nanobiologiji so izkazovale srednje vrednosti, nizko vrednost pa smo zaznali pri korelaciji med zanimanjem za učenje o nanobiologiji in znanjem iz nanobiologije. Največji vpliv na zanimanje za učenje o nanobiologiji ima osebni interes za biologijo, malo manjši pa pomen in vrednost biologije. Dijaki imajo željo po učenju o nanobiologiji, ki pa se trenutno ne izkazuje v boljšem znanju iz tega področja.

5. Na splošno se dekleta in fantje v odnosu do napredka nanobiologije pomembno ne razlikujejo, kljub temu pa v posameznih delih obstajajo razlike med fanti in dekleti. Fantje se bolj kot dekleta veselijo vstopanja nanobiologije v naša življenja in tudi v večji meri podpirajo njen razvoj.

Na eni strani osupljiv napredek najrazličnejših nanotehnoloških aplikacij, ki vstopajo v naša življenja, na drugi strani spoznanja, da lahko nanodelci ogrožajo naše zdravje, v kombinaciji z razumljivim počasnejšim vstopanjem novih spoznanj v izobraževalni sistem, postavljajo naše šolstvo pred vedno nove izzive.

Dejstvo je, da v učne načrte srednješolskega izobraževanja, ki so že preobremenjeni, ne moremo prenesti vseh novih spoznanj. Hkrati pa obstajata vsaj dva razloga, zakaj bo nanoznanost (nanobiologija, nanotehnologija) po vsej verjetnosti kmalu »vstopila« v srednješolske učne načrte. Zaradi nanotehnologij, ki so že prisotne in se vedno bolj širijo v različna področja industrije, bo moral šolski sistem ustrezno izobraziti prihodnje »nanodelavce«. Ker pa nanoznanost s svojim razvojem vse bolj prodira tudi v družbo, se bodo v prihodnje dijaki (državljeni) srečevali z razpravami, ki bodo vključevale dileme novih znanosti in tehnologij. Da bodo lahko kompetentno sodelovali v razpravah in pri sprejemanju pomembnih odločitev, bodo morali pred tem s pomočjo izobraževalnih institucij doseči ustrezno »nanopismenost« (Hingant in Albe, 2010).

Ker smo mnenja, da je učni načrt za biologijo precej obsežen, bi bilo smiselno poiskati drugačne načine vključevanja vsebin o »nano« v pouk. Učitelji bi lahko te vsebine izkoristili kot zanimivosti ali primere iz vsakdanjega življenja za začetek obravnave določene učne snovi ali kot uvodno motivacijo pri posameznih urah. Vsebine o »nano« bi lahko predstavili v okviru obveznih izbirnih vsebin, ki se izvajajo v gimnazijskem programu, lahko pa bi bile osrednja tema naravoslovnega dne, kjer bi lahko izpeljali tudi kvalitetne medpredmetne povezave z drugimi naravoslovnimi predmeti. Gledano ožje so lahko vsebine o »nano« tudi teme za samostojno raziskovalno delo dijakov.

Učitelji slabo poznajo novo področje nanoznanosti (Sahin in Ekli, 2010), zato bodo morali najprej sami pridobiti ustrezna znanja. Pri njihovem izobraževanju bo treba

veliko pozornosti nameniti vsem vidikom tega razvijajočega se področja, v katerem se prepletajo znanost, tehnologija in družba. Zavedati se je treba, da je končni cilj učiteljevega profesionalnega razvoja vplivanje na učenje dijakov (Jones in sod., 2013), to pa pomeni, da bodo učitelji vsaj v določeni meri vplivali na to, kako bodo dijaki pridobivali znanje in spretnosti, povezane z nanobiologijo, ter sočasno oblikovali kritičen pogled na dokaj »novo« področje znanosti (Hingant in Albe, 2010).

Ker pa vse to zahteva določen čas, moramo do takrat ustrezno motivirati dijake za samostojno iskanje informacij o novih spoznanjih in jih hkrati »opremiti« s strategijami, ki jim bodo omogočale kvalitetno naravoslovno razmišljanje in kritično mišljenje.

6 POVZETEK (SUMMARY)

6.1 POVZETEK

Revolucionarni razvoj na področju »nano« obeta osupljive rešitve v različni sferah človekovega delovanja, hkrati pa se kažejo znaki potencialne nevarnosti za človeka in okolje. Dileme, ki se bodo pojavile, bodo zahtevale sprejemanje družbeno ustreznih odločitev. Pri tem pa bosta imela odločilno vlogo med seboj povezana znanje in stališča do tega področja, in to bodo v prihodnosti potrebovali tudi naši dijaki. Trenutno vsebine nanobiologije res niso del učnega načrta za biologijo, je pa naloga učiteljev, da pri dijakih razvijajo sposobnost za kritično presojo o posegih v življenje in naravo ter jih seznanjajo z uporabo biološkega znanja v različnih tehnologijah.

Ker bomo v prihodnosti potrebovali znanje o nanobiologiji, smo želeli ugotoviti, kakšno je trenutno znanje srednješolcev o nanodelcih in nanobiologiji, od kod izvira to znanje, kakšno je mnenje o biologiji in nanobiologiji in kako na ti mnenji vplivata starost in spol dijakov, kakšne so korelacije med mnenjem dijakov o biologiji z zanimanjem za učenje o nanobiologiji in kako se to izraža v znanju dijakov o nanobiologiji.

Raziskavo smo opravili na Gimnaziji Celje - Center. V njej je sodelovalo 310 dijakov, 215 deklet (69,4 %) in 95 fantov (30,6 %). Po letnikih pa smo anketirali 81 prvošolcev (26,1 %), 69 drugošolcev (22,3 %), 90 tretješolcev (29,0 %) in 70 četrtošolcev (22,6 %).

Anketni vprašalnik je bil sestavljen tako, da so dijaki na začetku zapisali osnovne podatke, sledil mu je del, s katerim smo preverjali mnenje oziroma stališča do biologije s pomočjo 5-stopenjske Likertove lestvice. Tretji del je bil namenjen ugotavljanju virov informacij o nanodelcih. S četrtem delom smo ugotavljali znanje dijakov o nanobiologiji, na koncu pa še njihovo mnenje o nanobiologiji, prav tako s pomočjo 5-stopenjske Likertove lestvice.

Raziskava je pokazala, da na mnenje dijakov o biologiji in nanobiologiji spol nima vpliva, prav tako na njihovo mnenje o nanobiologiji ne vpliva starost, imajo pa mlajši

dijaki pozitivnejše mnenje o biologiji v primerjavi s starejšimi. Da bi pozitivno naravnost ohranili tudi starejši dijaki, bi morali v pouk vključevati več aktivnih metod učenja, ki bi jim zagotavljale trajna vsebinska znanja, kot tudi izgradnjo strategij razmišljanja in veščin za vseživljenjsko uporabo, vse to pa bi vplivalo tudi na pozitivnost stališč do biologije.

Glavni vir informacij o nanodelcih za dijake sta splet in poljudnoznanstvene revije, v manjši meri pa televizija in tudi pouk, čeprav tem o nanobiologiji učni načrt ne vsebuje.

Splošno znanje dijakov o nanodelcih in nanobiologiji je nizko, dijaki pa se v znanju glede na letnik in na spol med seboj pomembno ne razlikujejo. V povprečju so dosegli manj kot 42 % vseh možnih točk in le pri 7 nalogah od 23 je več kot 50 % dijakov pravilno odgovorilo na vprašanje. Pri posameznih nalogah pa so bili v ospredju enkrat dijaki enega, drugič drugega letnika, kar kaže na razpršenost znanja o nanodelcih in nanobiologiji.

Korelacije med mnenjem dijakov o biologiji in zanimanjem za učenje o nanobiologiji so izkazovale srednje vrednosti, nizko vrednost pa smo zaznali pri korelaciji med zanimanjem za učenje o nanobiologiji in znanjem o nanobiologiji. Največji vpliv na zanimanje za učenje o nanobiologiji ima osebni interes za biologijo, malo manjši pomen in vrednost biologije. Dijaki imajo željo po učenju o nanobiologiji, ki se ne kaže v boljšem znanju iz tega področja.

Na splošno se dekleta in fantje v odnosu do napredka nanobiologije pomembno ne razlikujejo, kljub temu pa na posameznih ožjih segmentih obstajajo razlike med fanti in dekleti. Fantje se bolj kot dekleta veselijo vstopanja nanobiologije v naša življenja in tudi v večji meri podpirajo njen razvoj.

Dokler teme o nanobiologiji niso del kurikula, je treba dijake motivirati za samostojno iskanje informacij o novih spoznanjih in jih hkrati »opremiti« s strategijami, ki jim bodo omogočale kvalitetno naravoslovno razmišljanje in kritično mišljenje.

6.2 SUMMARY

Revolutionary development in the area of »nano« anticipates amazing solutions in different spheres of human activities but at the same time potentially endangers humans and our environment. Dilemmas that will stem in this area will require making socially adequate decisions where the correlated knowledge and attitudes towards the area will have the most important role. Our students will definitely need that in the future as well. The topics of nanobiology are currently not part of the national curriculum but teachers have to encourage their students to think critically about our interfering with the life and nature and inform them about the use of biology knowledge in different technologies.

We will definitely need the knowledge of nanobiology in the future, so we decided to find out the current level of secondary school students' knowledge about nanoparticles and nanobiology, the origins of it, students' attitudes towards biology and nanobiology, the influence of their age and gender on those attitudes, what the correlations between the attitude towards biology and the interest to study about nanobiology are and how the interest in nanobiology reflects students' knowledge about the science.

The research was conducted in Gimnazija Celje – Center. 310 students took part in it, 215 girls (69,4%) and 95 boys (30,6%). According to the grade we surveyed 81 first year students (26,1%), 69 second year students (22,3%), 90 third year students (29,0%) and 70 fourth year students (22,6%).

The questionnaire was divided into four parts: firstly, students wrote some basic information, then we tested their opinion or rather attitudes towards biology by using 5-level Likert scale. The purpose of the third part was to establish sources of information about nanoparticles. The fourth part helped us find out about the students' knowledge of nanobiology and their attitude towards it also by using 5-level Likert scale.

According to the research, gender does not affect students' attitude towards biology or nanobiology and the age of the students does not affect their opinion on nanobiology. However, younger students think more positively about biology in comparison to older ones. If we want older students to stay positive, our lessons should include not only

more active methods of studying which will provide permanent contents knowledge but also strategies of thinking and skills for lifelong usage; all of that will influence positive attitudes towards biology.

The main sources of information for the students are the internet and popular scientific magazines, partly as well television and lessons at school although the topics of nanobiology are not included in the national curriculum.

Students' general knowledge of nanoparticles and nanobiology is limited, regardless of the grade and gender of the students. Their general score was below 42%; there were only 7 tasks out of 23 where more than 50% of the students answered the question correctly. Some tasks were done better by the students of one grade, the others by the ones of the other grade, which implicates the dispersion of knowledge about nanoparticles and nanobiology.

The correlations between the students' attitude towards biology and their interest in studying about nanobiology indicated medium values, but we noticed lower values in the correlation between the interest in studying about nanobiology and the knowledge of it. Personal interest in biology is the most important factor for studying about nanobiology, to a lesser extent also the importance and value of biology. Students are willing to study nanobiology but their willingness does not reflect better knowledge in this area.

Generally there are no important differences between boys and girls in their attitude towards the development of nanobiology; however, there are some differences between boys and girls in some shorter segments. Boys look forward to seeing nanobiology become part of our lives more than girls and they also support its development in a greater extent.

Until the topics of nanobiology become part of the national curriculum students need to be encouraged to follow new information on their own and at the same time they have to become familiar with the strategies allowing them to develop quality natural science way of thinking and to be critical.

7 VIRI

- Abrahams, I. 2009. Does practical work really motivate? A study of the affective value of practical work in secondary school science. *International journal of science education*, 31, 17: 2335-2353
- Adamič, M. 2005. Vloga poučevanja. *Sodobna pedagogika*, 56, 1: 76-88
- Bačnik, A., Bukovec, N., Podbrežnik, A., Požek Novak, T., Keuc, Z., Popič, H. in Vrtačnik, M. 2008. Učni načrt. Kemija: gimnazija: splošna gimnazija: obvezni predmet (210 ur), izbirni predmet (3 x 35 ur), matura (105 + 35 ur). Ljubljana, Ministrstvo za šolstvo in šport, Zavod RS za šolstvo: 49 str.
http://eportal.mss.edus.si/msswww/programi2010/programi/media/pdf/un_gimnazija/un_kemija_gimn.pdf (5. maj 2015)
- Barak, M., Ashkar, T., & Dori, Y. J. 2011. Learning science via animated movies: Its effect on students' thinking and motivation. *Computers & Education*, 56, 3: 839-846
- Bhushan, B., Jung, Y. C., & Koch, K. 2009. Micro-, nano- and hierarchical structures for superhydrophobicity, self-cleaning and low adhesion. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 367, 1894: 1631-1672
- Bonner, J. C. 2010. Nanoparticles as a potential cause of pleural and interstitial lung disease. *Proceedings of the American Thoracic Society*, 7, 2: 138-141
- Borm P. J. A., Robbins D., Haubold S., Kuhlbusch T., Fissan H., Donaldson K., Schins R., Stone V., Kreyling W., Lademann J., Krutmann J., Warheit D., Oberdorster E. 2006. The potential risks of nanomaterials: a review carried out for ECETOC. *Particle and fibre toxicology*, 3, 1: 11
<http://www.particleandfibretoxicology.com/content/3/1/11> (10. jul. 2014)
- Burri, R. V., & Bellucci, S. 2008. Public perception of nanotechnology. *Journal of Nanoparticle Research*, 10, 3: 387-391

- Buzea, C., Pacheco Blandino, I. I., Robbie, K. 2007. Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity. *Biointerphases*, 4, 2: MR17-MR172
- Chen, H., Khemtong, C., Yang, X., Chang, X., & Gao, J. 2011. Nanonization strategies for poorly water-soluble drugs. *Drug Discovery Today*, 16, 7: 354-360
- Çimer, A. 2012. What makes biology learning difficult and effective: Students' views. *Educational Research and Reviews*, 7, 3: 61-71
- Cobb, M. D. 2005. Framing effects on public opinion about nanotechnology. *Science communication*, 27, 2: 221-239
- Cohen-Tanugi, D., & Grossman, J. C. 2012. Water desalination across nanoporous graphene. *Nano letters*, 12, 7: 3602-3608
- Cormick C. 2009. Why Do We Need to Know What the Public Thinks about Nanotechnology? *Nanoethics*, 3: 167-173
- Dowling, A. P. 2004. Development of nanotechnologies. *Materials Today*, 7, 12: 30-35
- Dutz, S., & Hergt, R. 2013. Magnetic nanoparticle heating and heat transfer on a microscale: basic principles, realities and physical limitations of hyperthermia for tumour therapy. *International Journal of Hyperthermia*, 29, 8: 790-800
- Ekici, G., & Hevedanli, M. 2010. Analyzing high school students' attitudes towards biology course in different variables. *Journal of Turkish Science Education*, 7, 4: 97-109.
- Elsaesser, A., & Howard, C. V. 2012. Toxicology of nanoparticles. *Advanced drug delivery reviews*, 64, 2: 129-137
- Fortina, P., Kricka, L. J., Surrey, S., & Grodzinski, P. 2005. Nanobiotechnology: the promise and reality of new approaches to molecular recognition. *Trends in Biotechnology*, 23, 4: 168-173

- Gardner G., Jones G., Taylor A., Forrester J. in Robertson L. 2010. Students' Risk Perceptions of Nanotechnology Applications: Implications for science education. *International Journal of Science Education*, 32, 14: 1951-1969
- Gatti, A. M. 2004. Biocompatibility of micro–and nano–particles in the colon. Part II. *Biomaterials*, 25, 3: 385-392
- Gnidovec, L. 2012. Odnos srednješolcev do biologije. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 71 str.
- Gottschalk, F., Sonderer, T., Scholz, R. W., & Nowack, B. 2009. Modeled environmental concentrations of engineered nanomaterials (TiO₂, ZnO, Ag, CNT, fullerenes) for different regions. *Environmental Science & Technology*, 43, 24: 9216-9222
- Hingant, B., & Albe, V. 2010. Nanosciences and nanotechnologies learning and teaching in secondary education: A review of literature. *Studies in Science Education*, 46, 2: 121-152
- Hmelo-Silver, C. E. 2004. Problem-based learning: What and how do students learn?. *Educational Psychology Review*, 16, 3: 235-266
- Hristozov, D., & Malsch, I. 2009. Hazards and risks of engineered nanoparticles for the environment and human health. *Sustainability*, 1, 4: 1161-1194
- International Standard Classification of Education. 2011. Montreal, UNECSO Institute for Statistics: 78. str.
<http://www.uis.unesco.org/Education/Documents/iscde-2011-en.pdf>
(28. okt. 2014)
- Izhodišča kurikularne prenovе. 1996. Ljubljana: Nacionalni kurikularni svet
<http://www.see-educoop.net/educationcin/pdf/nks/nksizhodisca.html>
(28. okt. 2014)

- Japelj Pavešić, B., Svetlik, K., Kozina, A. 2012. Znanje matematike in naravoslovja med osnovnošolci v Sloveniji in po svetu : izsledki raziskave TIMSS. Ljubljana, Pedagoški inštitut: 410 str.
http://www.pei.si/UserFilesUpload/file/raziskovalna_dejavnost/TIMSS/TIMMS2011/porocilo_timss11_celo.pdf (22. jan. 2015)
- Jiang, J., Oberdörster, G., & Biswas, P. 2009. Characterization of size, surface charge, and agglomeration state of nanoparticle dispersions for toxicological studies. *Journal of Nanoparticle Research*, 11, 1: 77-89
- Jones, M. G., Howe, A., & Rua, M. J. 2000. Gender differences in students' experiences, interests, and attitudes toward science and scientists. *Science Education*, 84, 2: 180-192
- Jones, M. G., Blonder, R., Gardner, G. E., Albe, V., Falvo, M., & Chevrier, J. 2013. Nanotechnology and nanoscale science: Educational challenges. *International Journal of Science Education*, 35, 9: 1490-1512
- Kind, P., Jones, K., & Barmby, P. 2007. Developing attitudes towards science measures. *International Journal of Science Education*, 29, 7: 871-893
- Kramar, M. 2003. Metode pouka in izobraževanja. *Sodobna pedagogika*, 54, 5: 116-139
- Kususanto, P., Fui, C. S., & Lan, L. H. 2012. Teachers Expectancy and Students Attitude towards Science. *Journal of Education and Learning*, 6, 2: 87-98
- Latorre, M., & Rinaldi, C. 2009. Applications of magnetic nanoparticles in medicine: magnetic fluid hyperthermia. *Puerto Rico health sciences journal*, 28, 3: 227-238
- Ličen A. 2014. Kakovost in trajnost biološkega znanja slovenskih srednješolcev. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 129 str.
- Marentič Požarnik, B. 2000. Psihologija pouka in učenja. 1. izdaja, Ljubljana, DZS: 299 str.

- Marentič Požarnik, B. 2004. Kako bolj uravnnavati mogočen vpliv preverjanja in ocenjevanja. *Sodobna pedagogika*, 55, 1: 8-22
- Marentič Požarnik, B. 2005. Spreminjanje paradigme poučevanja in učenja ter njunega odnos – eden temeljnih izzivov sodobnega izobraževanja. *Sodobna pedagogika*, 56, 1: 58-74
- Marentič Požarnik, B. 2011. Kaj je kakovostno znanje in kako do njega? O potrebi in možnostih zблиževanja. *Sodobna pedagogika*, 62, 2: 28-50
- Mavrikaki, E., Koumparou, H., Kyriakoudi, M., Papacharalampous, I., & Trimandili, M. 2012. Greek Secondary School Students' Vies About Biology. *International Journal of Environmental and Science Education*, 7, 2: 217-232
- Mesarič, T., Baweja, L., Drašler, B., Drobne, D., Makovec, D., Dušak, P., Dhawan, A. & Sepčić, K. 2013. Effects of surface curvature and surface characteristics of carbon-based nanomaterials on the adsorption and activity of acetylcholinesterase. *Carbon*, 62: 222-232
- Narmadha, U., & Chamundeswari, S. 2013. Attitude towards Learning of Science and Academic Achievement in Science among Students at the Secondary Level. *Journal of Sociological Research*, 4, 2: 114-124
- Nasr, A. R., & Soltani, A. 2011. Attitude towards Biology and Its Effects on Student's Achievement. *International Journal of Biology*, 3, 4: 100-104
- Nel, A., Xia, T., Mädler, L., & Li, N. 2006. Toxic potential of materials at the nanolevel. *Science*, 311, 5761: 622-627
- Northen, M. T., & Turner, K. L. 2005. A batch fabricated biomimetic dry adhesive. *Nanotechnology*, 16, 8: 1159 -1166
- Nussinov, R., & Alemán, C. 2006. Nanobiology: from physics and engineering to biology. *Physical Biology*, 3, 1: null

- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. 2003. Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25: 1049-1079
- Planinšič, G. 2007. Nanotehnologija na poti v šolo. *Naravoslovna solnica*, 11: 4-7
- Planinšič, G., Belina, R., Kukman, I., in Gvahte, M. 2008. Učni načrt. Fizika: gimnazija: splošna gimnazija: obvezni predmet (210 ur), izbirni predmet (35, 70, 105 ur), matura (105 + 35 ur). Ljubljana, Ministrstvo za šolstvo in šport, Zavod RS za šolstvo: 46 str.
http://eportal.mss.edus.si/msswww/programi2010/programi/media/pdf/un_gimnazija/un_fizika_gimn.pdf (5. maj 2015)
- Piao, M. J., Kang, K. A., Lee, I. K., Kim, H. S., Kim, S., Choi, J. Y., ... & Hyun, J. W. 2011. Silver nanoparticles induce oxidative cell damage in human liver cells through inhibition of reduced glutathione and induction of mitochondria-involved apoptosis. *Toxicology letters*, 20, 1: 92-100
- Porter, A. L., Youtie, J., Shapira, P., & Schoeneck, D. J. 2008. Refining search terms for nanotechnology. *Journal of Nanoparticle Research*, 10, 5: 715-728
- Prabhakar, V., Bibi, T., Vishnu, P., & Bibi, T. 2013. Nanotechnology, future tools for water remediation. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 3, 7: 54-59
- Prokop, P., Prokop, M., & Tunnicliffe, S. D. 2007a. Is biology boring? Student attitudes toward biology. *Journal of Biological Education*, 42, 1: 36-39
- Prokop, P., Tuncer, G., & Chudá, J. 2007b. Slovakian students' attitudes toward biology. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3, 4: 287-295
- Rajan, C. S. 2011. Nanotechnology in groundwater remediation. *International Journal of Environmental Science and Development*, 2, 3: 182-187

- Remškar M. 2009. Nanotehnologija in nanodelci. Ljubljana, Ministrstvo za zdravje, Urad Republike Slovenije za kemikalije: 103 str.
www.kemijskovaren.si. (10. jul. 2014)
- Roco, M. C. 2005. International perspective on government nanotechnology funding in 2005. *Journal of Nanoparticle Research*, 7, 6: 707-712
- Roduner, E. 2006. Size matters: why nanomaterials are different. *Chemical Society Reviews*, 35, 7: 583-592
- Rümenapp, C., Gleich, B., & Haase, A. 2012. Magnetic nanoparticles in magnetic resonance imaging and diagnostics. *Pharmaceutical research*, 29, 5: 1165-1179
- Rupnik Vec, T. 2010. Različni teoretični pogledi na kritično mišljenje – primerjalni pregled. *Sodobna pedagogika* 61, 3: 172-190
- Rutar Ilc Z. in Sentočnik S. 2001. Koncepti znanja, učenje za razumevanje. V: Modeli učenja in poučevanja, Zbornik prispevkov 2000, Ljubljana, Zavod RS za šolstvo: 19-45
- Rutar Ilc, Z. 2003. Pristopi k poučevanju, preverjanju in ocenjevanju. K novi kulturi pouka. Ljubljana. Zavod RS za šolstvo: 193 str.
- Rutar Ilc, Z. 2005. Učno-ciljni in procesni pristop – izhodišče za didaktično prenavo gimnazij. V: Rupnik Vec, T. in sod. Spodbujanje aktivne vloge učenca v razredu. Ljubljana, Zavod RS za šolstvo: 181 str.
- Rutar Ilc, Z. 2011. Poučevanje za razumevanje. *Sodobna pedagogika*, 62, 1: 76-99
- Sahin, N., & Ekli, E. 2010. Science teachers and teacher candidates' basic knowledge, opinions and risk perceptions about nanotechnology. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 2, 2: 2667-2670
- Sahin, N., & Ekli, E. 2013. Nanotechnology awareness, opinions and risk perceptions among middle school students. *International Journal of Technology and Design Education*, 23, 4: 867-881

- Schuetz, H., & Wiedemann, P. M. 2008. Framing effects on risk perception of nanotechnology. *Public Understanding of Science*, 17: 369-379
- Shabani, R., Massi, L., Zhai, L., Seal, S., & Cho, H. J. 2011. Classroom modules for nanotechnology undergraduate education: development, implementation and evaluation. *European Journal of Engineering Education*, 36, 2: 199-210
- Shabbir Ali M., Sher Awan A. 2013. Attitude towards science and its relationship with Students' achievement in science. *Interdisciplinary journal of contemporary research in business*, 4, 10: 707-718
- Sharma, V., Anderson, D., & Dhawan, A. 2012. Zinc oxide nanoparticles induce oxidative DNA damage and ROS-triggered mitochondria mediated apoptosis in human liver cells (HepG2). *Apoptosis*, 17, 8: 852-870
- Siegrist, M., Cousin, M. E., Kastenholz, H., & Wiek, A. 2007. Public acceptance of nanotechnology foods and food packaging: The influence of affect and trust. *Appetite*, 49, 2: 459-466
- Simkó, M., & Mattsson, M. O. 2010. Risks from accidental exposures to engineered nanoparticles and neurological health effects: a critical review. *Part Fibre Toxicol*, 7, 42: 1-8
- Simonneaux, L., Panissal, N., & Brossais, E. 2013. Students' perception of risk about nanotechnology 102fte ran SAQ teaching strategy. *International Journal of Science Education*, 35, 14: 2376-2406
- Singh, P., Gonzalez, M. J., & Manchester, M. 2006. Viruses and their uses in nanotechnology. *Drug development research*, 67, 1: 23-41
- Slovar slovenskega knjižnega jezika. 2000. Ljubljana, Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti
<http://bos.zrc-sazu.si/sskj.html> (3. jan. 2015)

Spall, K., Stanisstreet, M., Dickson, D., & Boyes, E. 2004. Development of school students' constructions of biology and physics. *International Journal of Science Education*, 26, 7: 787-803

Splošna matura 2012. Letno poročilo. Milekšič, V. (ur.). Ljubljana, Državni izpitni center: 158 str.

<http://www.ric.si/mma/Letno%20poročilo%20SM%202012/2012113012520346/>
(3. jan. 2015)

Splošna matura 2013. Letno poročilo. Pluško, A. (ur.). Ljubljana, Državni izpitni center: 185 str.

<http://www.ric.si/mma/Letno%20porocilo%20SM%202013/2013112914485744/>
(3. jan. 2015)

Splošna matura 2014. Letno poročilo. Tivadar, H. (ur.). Ljubljana, Državni izpitni center: 179 str.

<http://www.ric.si/mma/Letno%20porocilo%20SM%202014/2014120109532871/>
(3. jan. 2015)

Strmčnik, F. 1999. Pouk in njegove funkcije. *Sodobna pedagogika*, 50, 2: 212-222

Strmčnik, F. 2001. Didaktika. Osrednje teoretične teme. Ljubljana, Znanstveni inštitut Filozofske fakultete: 99-148

Strmčnik, F. 2007. Problemska usmerjenost, nujnost sodobnega pouka. *Sodobna pedagogika* 58, 3: 188-206

Šimundić, M., Drašler, B., Šuštar, V., Zupanc, J., Štukelj, R., Makovec, D., Erdogmus, D., Hagerstrand, H., Drobne, D. & Kralj-Iglič, V. 2013. Effect of engineered TiO₂ and ZnO nanoparticles on erythrocytes, platelet-rich plasma and giant unilamellar phospholipid vesicles. *BMC veterinary research*, 9, 1, 7
<http://www.biomedcentral.com/1746-6148/9/7> (15. maj 2015)

Štefanc, D. 2005. Pouk, učenje in aktivnost učencev: razgradnja pedagoških fantazem. *Sodobna pedagogika*, 56, 1: 34-57

- Štefanc, D. 2011. Pojmovanja znanja v pedagoškem diskurzu: nekateri problemi. *Sodobna pedagogika*, 62, 1: 100-119
- Štraus, M., Šterman Ivančič, K., Štigl S. 2013. OECD PISA 2012: matematični, bralni in naravoslovni dosežki slovenskih učencev: program mednarodne primerjave dosežkov učencev 2012: nacionalno poročilo. Ljubljana, Pedagoški inštitut: 62 str.
http://www.pei.si/UserFilesUpload/file/raziskovalna_dejavnost/PISA/PISA2012/PI SA_2012_Povzetek_rezultatov_za_Slovenijo.pdf (3. jan. 2015)
- Tandogan, R. O., in Orhan, A. 2007. The Effects of Problem-Based Active Learning in Science Education on Students' Academic Achievement, Attitude and Concept Learning, 3, 1: 71-81
- Taylor, P. M. 2007. Biological matrices and bionanotechnology. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362, 1484: 1313-1320
- Thomas, R., Park, I. K., & Jeong, Y. Y. 2013. Magnetic iron oxide nanoparticles for multimodal imaging and therapy of cancer. *International journal of molecular sciences*, 14, 8: 15910-15930
- Tomažič I. 2009. Vpliv izkušnjskega učenja na trajnost znanja in na spreminjanje odnosa do dvoživk pri učencih devetletne osnovne šole. Doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 217 str.
- Tomažič I. 2010. Stališča kot ena od treh dimenzij naravoslovnih kompetenc – primeri iz biologije. V: Grubelnik, V. (ur.). *Opredelitev naravoslovnih kompetenc*. Maribor, Fakulteta za naravoslovje in matematiko: 50-59
- Tomažič, I. 2011. Pre-service biology teachers' and primary school students' attitudes toward and knowledge about snakes. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 7, 3: 161-171
- Tomić, A., 1999. Izbrana poglavja iz didaktike. Ljubljana, Center za pedagoško izobraževanje Filozofske fakultete: 31-41

- Uitto A., Juuti K., Lavonen J., Meisalo V. 2006. Students' interest in biology and their out-of-school experiences. *Journal of Biological Education*, 40, 3: 124-129
- Uşak M., Prokop P., Ozden M., Ozel M., Bilen K., Erdogan M. 2009. Turkish university students' attitudes toward biology: the effects of gender and enrolment in biology classes, *Journal of Baltic Science Education*, 8, 2: 88-96
- Vandermoere, F., Blanchemanche, S., Bieberstein, A., Murette, S., & Roosen, J. 2010. The morality of attitudes toward nanotechnology: about God, techno-scientific progress, and interfering with nature. *Journal of Nanoparticle Research*, 12, 2: 373-381
- Vilhar, B., Zupančič, G., Vičar, M., Sojar, A., & Devetak, B. 2008. Učni načrt. Biologija: gimnazija: splošna gimnazija: obvezni predmet (210 ur), izbirni predmet (35, 70, 105 ur), matura (105 + 35 ur). Ljubljana, Ministrstvo za šolstvo in šport, Zavod RS za šolstvo: 79 str.
http://eportal.mss.edus.si/msswww/programi2010/programi/media/pdf/ucni_nacrti/UN_BIOLOGIJA_gimn.pdf (4. maj 2015)
- Wang, Z., Zhao, J., Li, F., Gao, D., & Xing, B. 2009. Adsorption and inhibition of acetylcholinesterase by different nanoparticles. *Chemosphere*, 77, 1: 67-73
- Wilczewska, A. Z., Niemirowicz, K., Markiewicz, K. H., & Car, H. 2012. Nanoparticles as drug delivery systems. *Pharmacological Reports*, 64, 5: 1020-1037
- Wood, W. 2000. Attitude change: Persuasion and social influence. *Annual review of psychology*, 51, 1: 539-570
- Zeidan, A. 2010. The Relationship between grade 11 Palestinian attitudes toward biology and their perceptions of the biology learning environment. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8, 5: 783-800
- Zhang, L., Gu, F. X., Chan, J. M., Wang, A. Z., Langer, R. S., & Farokhzad, O. C. 2008. Nanoparticles in medicine: therapeutic applications and developments. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 83, 5: 761-769

Zhu, M. T., Wang, B., Wang, Y., Yuan, L., Wang, H. J., Wang, M., ... & Zhao, Y. L.
2011. Endothelial dysfunction and inflammation induced by iron oxide nanoparticle
exposure: Risk factors for early atherosclerosis. *Toxicology letters*, 203, 2: 162-171

ZAHVALA

Iskrena hvala mentorju doc. dr. Iztoku Tomažiču za strokovne nasvete pri nastajanju magistrskega dela, še posebej za pomoč pri statistični obdelavi podatkov.

Hvala vodstvu Gimnazije Celje - Center, da sem lahko raziskavo izvedla na tej šoli in vsem dijakom, ki so izpolnili anketni vprašalnik.

Lidiji Rebeušek in Bojanu Kostanjšku se zahvaljujem za pomoč pri prevajanju v angleščino, Tanji Tratenšek pa za lektoriranje.

Srčna zahvala mami in očetu, ker sta sestro, brata in mene vzgojila v ljudi, ki jim je znanje vrednota, še posebej pa zato, ker nam vse življenje namenjata vso starševsko skrb in ljubezen.

Tatjana, hvala, ker si me prepričala, da sem se s teboj odpravila na to pot do novih spoznanj, in si me kot prava prijateljica ves čas »potovanja« prijazno spodbujala.

In seveda, Sandi, hvala za podporo in razumevanje, ki sem ju dobila od tebe tudi takrat, ko je bilo z mano zaradi preobremenjenosti težko shajati, in za ljubezen, ki mi jo že tako dolgo izkazuješ!

PRILOGE

Priloga A Anketni vprašalnik

Razred: _____ Datum: _____ Ime in priimek učitelja biologije:

Spol: [] moški, [] ženski Starost: [] let

Ocena biologije v preteklem šolskem letu: 2 3 4 5

V družini imamo znanstvenika – raziskovalca. DA NE
Rad berem poljudnoznanstvene revije. DA NE
Rad gledam poljudnoznanstvene oddaje. DA NE
Rad bi študiral naravoslovje (kemijo, biologijo ali fiziko). DA NE

Dragi dijak/dijakinja, pred teboj je vprašalnik, s katerim želimo ugotoviti, kakšna so tvoja stališča do biologije. Podatki o anketirancu so tajni. Rešitve ne vplivajo na oceno pri predmetu.

V nadaljevanju obkroži, v kolikšni meri se strinjaš s posamezno trditvijo.

Vrednosti: 1= se nikakor ne strinjam; 2= se ne strinjam; 3= nimam posebnega mnenja; 4= se strinjam; 5= se popolnoma strinjam

STALIŠČA DO BIOLOGIJE	OCENA
1. Biologijo imam raje od drugih predmetov.	1 2 3 4 5
2. Razvoj na področju biologije prispeva k izboljšanju kvalitete naših življenj.	1 2 3 4 5
3. Biologija mi pomaga pri razvijanju naravoslovnega načina razmišljanja.	1 2 3 4 5
4. Učne ure biologije so zame zahtevne (težke).	1 2 3 4 5
5. Rad bi bil biolog.	1 2 3 4 5
6. Znanje biologije je ključno za razumevanje mnogih naravnih pojavov.	1 2 3 4 5
7. Sovražim pouk biologije.	1 2 3 4 5
8. Znanje biologije je pomembno za mojo nadaljnjo kariero.	1 2 3 4 5
9. Med urami biologije se dolgočasim.	1 2 3 4 5
10. Biologija bo uspela najti rešitve tudi za največje okoljske probleme.	1 2 3 4 5
11. Pogosto slabo razumem snov, ki se jo učimo pri biologiji.	1 2 3 4 5
12. Biologijo se pogosto učim na pamet.	1 2 3 4 5
13. Rad bi imel več ur biologije.	1 2 3 4 5

14. Biološki procesi so zame zanimivi.	1 2 3 4 5
15. Všeč mi je način poučevanja biologije, ki ga izvaja moj učitelj.	1 2 3 4 5
16. Znanja biologije nihče ne potrebuje.	1 2 3 4 5
17. Biologija ni tako pomembna kot drugi šolski predmeti.	1 2 3 4 5
18. Biologija je zame eden najlažjih predmetov.	1 2 3 4 5

Dragi dijak /dijakinja, pred teboj je vprašalnik, s katerim želimo ugotoviti, kakšno je tvoje znanje o nanodelcih in nanobiologiji. Podatki o anketirancu so tajni. Rešitve ne vplivajo na oceno pri predmetu.

Kateri viri so ključni pri pridobivanju informacij o nanodelcih?

- pouk;
- časopis;
- televizija, radio;
- splet;
- poljudnoznanstvene revije;
- od nikoder.

ZNANJE O NANOBIOLOGIJI	ODGOVOR
1. Nanodelci so skupki materiala in so manjši od 100 nm.	DRŽI NE DRŽI NE VEM
2. Že od nekdaj so nanodelci prisotni v naravi.	DRŽI NE DRŽI NE VEM
3. V ozračju je veliko nanodelcev, ki skrajšujejo našo življenjsko dobo.	DRŽI NE DRŽI NE VEM
4. Nekatero rastline in živali izkoriščajo »nanotehnologijo« za lažje preživetje.	DRŽI NE DRŽI NE VEM
5. Goreča sveča v zaprtem prostoru zmanjša število nanodelcev v zraku.	DRŽI NE DRŽI NE VEM
6. Nanodelci vstopajo v telo preko kože, prebavil in dihal.	DRŽI NE DRŽI NE VEM
7. Nanodelci najtežje vstopijo v telo preko dihal.	DRŽI NE DRŽI NE VEM
8. Virusi so nanodelci.	DRŽI NE DRŽI NE VEM
9. V delovnem okolju, kjer so prisotni nanodelci, se ni treba zaščititi.	DRŽI NE DRŽI NE VEM
10. Nanodelci, kot TiO ₂ , bi lahko bili posredni krivci za bolezn, kot sta Parkinsonova in Alzheimerjeva bolezen.	DRŽI NE DRŽI NE VEM
11. Nanodelci so tudi v domačem prahu.	DRŽI NE DRŽI NE VEM
12. Boljši način odstranjevanja prahu v domu je mokra krpa kot uporaba navadnega sesalnika.	DRŽI NE DRŽI NE VEM
13. Pri kajenju je v vsakem kubičnem centimetru izdihanega zraka, pomešanega s tobačnim dimom, toliko nanodelcev, da presegajo zmogljivost instrumenta, ki je 100 milijonov nanodelcev v cm ³ .	DRŽI NE DRŽI NE VEM

ZNANJE: izbirni tip vprašanj

Če ni navedeno drugače, je lahko pri vsakem vprašanju najbolj pravilen le EN ODGOVOR. Če ne veste odgovora, obkrožite »ne vem«.

- 1 Katera velikost ustreza kriterijem, da delec spada med nanodelce? To so velikostni razredi med:
 - 1) 10 –100 m.
 - 2) 0,1 –0,01 m.
 - 3) 10^{-2} – 10^{-3} m.
 - 4) 10^{-4} – 10^{-6} m.
 - 5) 10^{-7} – 10^{-9} m.
 - 6) Ne vem.

- 2 Kakšne oblike so lahko nanodelci?
 - 1) Nanovlakna.
 - 2) Nanolističi.
 - 3) Nanokroglice.
 - 4) Vsi naštetih.
 - 5) Nič od tega.
 - 6) Ne vem.

- 3 Po katerih lastnostih se nanodelci razlikujejo od delcev »normalne« velikosti?
 - 1) V tekočinah in plinih niso podvrženi Brownovemu gibanju.
 - 2) Imajo povečano kemijsko aktivnost.
 - 3) Zmanjšanja je njihova reaktivnost.
 - 4) Zmanjšana je njihova trdnost.
 - 5) Ne vem.

- 4 Kateri odgovor najboljše navaja naravne nanodelce?
 - 1) Izgorevanje biomase in fosilnih goriv.
 - 2) Erozijski, vulkanski izbruhi, virusi.
 - 3) Kozmetika, detergenti, tekstil.
 - 4) Stranski produkt pri industrijski proizvodnji (mletje, varjenje, brušenje, gradbeništvo, tehnologije razpršil).
 - 5) Ne vem.

- 5 Nanodelci so prisotni v našem okolju. Z nekaterimi aktivnostmi človek močno povečuje količino nanodelcev in s tem ogroža svoj zdravje. Aparature za merjenje količin nanodelcev so zaznale daleč največ nanodelcev
 - 1) ob gorenju sveče.
 - 2) pri sesanju s sesalnikom.
 - 3) ob ognjemetih.
 - 4) ob odprtih kuriščih.
 - 5) v izdihu cigaretnega dima.
 - 6) ne vem.

- 6 Nanodelci vstopajo v telo skozi pregrade med telesom in okoljem, nato jih krvni obtok raznese po vsem telesu. Organi, ki so najbolj prizadeti zaradi vdora nanodelcev, so:
- 1) jetra, bezgavke.
 - 2) koža.
 - 3) kosti.
 - 4) želodec.
 - 5) ne vem.
- 7 Posledice delovanja nanodelcev v celici so lahko zaradi njihove reaktivnosti številne. Izberite pravilni odgovor.
- 1) Tvorba reaktivnih kisikovih spojin, oksidativni stres.
 - 2) Oksidacija lipidov, poškodbe celičnih membran.
 - 3) Vnetja.
 - 4) Citotoksičnost.
 - 5) Denaturiranje proteinov.
 - 6) Poškodbe DNA.
 - 7) Nič od tega.
 - 8) Odgovori od 1 do 6.
 - 9) Ne vem.
- 8 Zelo verjetno ste že uporabljali izdelke, v katerih so nanodelci, npr. če ste na kožo nanесли kremo za sončenje. Nanodelci
- 1) povečajo odboj vidne svetlobe od površine nanosa.
 - 2) povečajo absorpcijo UV-svetlobe in jo pretvarjajo v toploto.
 - 3) zmanjšajo segrevanje telesne površine.
 - 4) vse naštet.
 - 5) ne vem.
- 9 TiO_2 dodajajo različnim izdelkom. Z njim povečajo belino, antimikrobno delovanje, stabilnost ...
- Kako je označen stabilizator izdelkov z manj maščobe v posnetem mleku, rastlinski smetani, moki, ...?
- 1) E171.
 - 2) E172.
 - 3) E621.
 - 4) E622.
 - 5) Ne vem.
- 10 Kaj je nanotehnologija? **Izberite PRAVILNA odgovora.**
- Nanotehnologija je/so:
- 1) nastajanje nanodelcev pri varjenju in brušenju.
 - 2) tehnologija, ki sestavlja izdelke, pri katerih je skoraj vsak atom na zelenem mestu.
 - 3) sposobnost muhe, da hodi po stropu.
 - 4) oblačila, na katera se ne primejo madeži. Če se npr. poliješ s kavo, ta samo spolzi po oblačilu.
 - 5) Ne vem.

Dragi dijak/dijakinja, pred teboj je vprašalnik, s katerim želimo ugotoviti, kakšna so tvoja stališča do nanobiologije. Podatki o anketirancu so tajni. Rešitve ne vplivajo na oceno pri predmetu.

V nadaljevanju obkroži, v kolikšni meri se strinjaš s posamezno trditvijo.

Vrednosti: 1= se nikakor ne strinjam; 2= se ne strinjam; 3= nimam posebnega mnenja; 4= se strinjam; 5= se popolnoma strinjam

STALIŠČA O NANOBIOLOGIJI	OCENA
1. To, da nanobiologija vstopa v naše življenje, me navdaja z zadovoljstvom.	1 2 3 4 5
2. Želim, da se nanobiologija razvija in nam omogoča lažje življenje, kakor hitro je to mogoče.	1 2 3 4 5
3. Poučevanje o nanobiologiji v šolah se mi zdi pomembno.	1 2 3 4 5
4. Veseli me, da bo razvoj nanobiologije prinesel napredek v zdravstvu.	1 2 3 4 5
5. To, da bi v moje telo vstavljali nanobiočipe, je grozljivo.	1 2 3 4 5
6. Misel, da lahko nanodelci povzročijo onesnaženje, me straši.	1 2 3 4 5
7. Brez zadržkov bi uporabil nanobiološke metode za ugotavljanje bolezni pri človeku.	1 2 3 4 5
8. Menim, da je za zdravljenje bolnikov z rakom smiselno uporabljati tudi nanobiološke metode z visokim tveganjem.	1 2 3 4 5
9. Veseli me, da bo z razvojem nanobiologije mogoče hitreje ugotavljati različne bolezni.	1 2 3 4 5
10. Ker vem malo o razvoju nanobiologije, nisem zaskrbljen/-a o prihodnjih izkušnjah z nanobiologijo.	1 2 3 4 5
11. Sledim medijskim prispevkom o nanobiologiji.	1 2 3 4 5
12. Želim si, da bi bilo v medijih več informacij o razvoju nanobiologije.	1 2 3 4 5
13. Posamezniki, ki zaključijo formalno izobraževanje (gimnazija), ne dobijo ustreznega znanja o nanobiologiji in uporabi le-te.	1 2 3 4 5
14. V šoli bi morali več časa nameniti učenju o nanobiologiji.	1 2 3 4 5
15. Rad bi vedel, kaj vse raziskujejo nanobiologi.	1 2 3 4 5
16. Rad bi bral prispevke o nanobiologiji.	1 2 3 4 5
17. Rad bi gledal poljudnoznanstvene oddaje o nanobiologiji.	1 2 3 4 5
18. Nanobiologija me zanima.	1 2 3 4 5
19. O nanobiologiji vem veliko.	1 2 3 4 5
20. Moja poklicna pot bo povezana z nanobiologijo.	1 2 3 4 5

Pripravil: doc. dr Iztok Tomažič