



Fakulteta za naravoslovje  
in matematiko

**UNIVERZA V MARIBORU**

**FAKULTETA ZA NARAVOSLOVJE IN MATEMATIKO**

**DOKTORSKA DISERTACIJA**

**RAZVIJANJE PROSTORSKE PREDSTAVLJIVOSTI**

**Z UVEDBO 3D-MODELIRANJA V OSNOVNI ŠOLI**

Februar, 2016

ANDREJ ŠAFHALTER



---

Fakulteta za naravoslovje  
in matematiko

**UNIVERZA V MARIBORU**

**FAKULTETA ZA NARAVOSLOVJE IN MATEMATIKO**

**DOKTORSKA DISERTACIJA**

**RAZVIJANJE PROSTORSKE PREDSTAVLJIVOSTI**

**Z UVEDBO 3D-MODELIRANJA V OSNOVNI ŠOLI**

Februar, 2016

Avtor: Andrej Šafhalter

Mentor: red. prof. dr. Srečko Glodež

Somentorica: red. prof. dr. Karin Bakračević Vukman

## **Zahvala**

Mentorju, dr. Srečku Glodežu, in somentorici, dr. Karin Bakračević Vukman, se zahvaljujem za strokovno pomoč in nasvete pri znanstvenoraziskovalnem delu.

Iskrena zahvala gre tudi dr. Branki Čagran za strokovne nasvete pri statistični obdelavi podatkov v empiričnem delu raziskave.

Za pripravljenost sodelovati v empiričnem delu naloge se zahvaljujem kolegom učiteljem tehnike in tehnologije na osnovnih šolah, ki so omogočili pridobivanje podatkov, in učencem za reševanje preizkusov in samoocenitvenih vprašalnikov.

## KAZALO VSEBINE

<b>1</b>	<b>UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>TEORETIČNI DEL.....</b>	<b>4</b>
2.1	PROSTORSKO ZAZNAVANJE.....	4
2.2	SPOMIN IN MIŠLJENJE.....	10
2.3	PROSTORSKA PREDSTAVLJIVOST.....	15
2.3.1	VPLIV SPOLA NA PROSTORSKO PREDSTAVLJIVOST.....	17
2.4	STILI ZAZNAVANJA.....	21
2.5	UČNI STILI IN HEMISFERIČNOST MOŽGANOV.....	24
2.5.1	ZNAČILNOSTI MOŽGANOV IN HEMISFERNA LATERALIZACIJA.....	24
2.5.2	UČNI STILI GLEDE NA HEMISFERIČNOST MOŽGANOV.....	30
2.5.3	UGOTAVLJANJE HEMISFERNE DOMINANTNOSTI.....	34
2.6	KOGNITIVNI RAZVOJ S Poudarkom NA PROSTORSKI PREDSTAVLJIVOSTI.....	39
2.6.1	RAVNI OTROKOVEGA MIŠLJENJA IN RAZUMEVANJA PROSTORA PO PIAGETU.....	39
2.6.2	KRITIKA PIAGETOVE TEORIJE.....	42
2.6.3	NEOPIAGEISTI.....	44
2.7	INTELIGENTNOST IN VEČVRSTNA INTELIGENTNOST.....	46
2.8	TESTI INTELIGENTNOSTI IN PROSTORSKE PREDSTAVLJIVOSTI.....	54
2.8.1	ZGODOVINSKI RAZVOJ TESTOV INTELIGENTNOSTI S Poudarkom NA PROSTORSKI PREDSTAVLJIVOSTI.....	54
2.8.2	TESTI PROSTORSKE PREDSTAVLJIVOSTI.....	65
2.9	METAKOGNICIJA.....	74
2.10	NAČRTOVANJE PRI TEHNIČNIH PREDMETIH V OSNOVNI ŠOLI.....	75
2.11	3D-MODELIRANJE.....	80
2.12	VIZUALIZACIJA.....	82
2.13	POUDAREK EKSPERIMENTA.....	83
<b>3</b>	<b>EMPIRIČNI DEL.....</b>	<b>87</b>
3.1	METODOLOGIJA.....	87
3.1.1	RAZISKOVALNA METODA.....	87
3.1.2	MODEL EKSPERIMENTA.....	87
3.2	NAMEN RAZISKAVE.....	88
3.3	RAZISKOVALNE HIPOTEZE.....	88

3.4	SPREMENLJIVKE .....	90
3.5	RAZISKOVALNI VZOREC .....	91
3.6	POSTOPKI ZBIRANJA PODATKOV .....	92
3.6.1	POTEK ZBIRANJA PODATKOV.....	92
3.6.2	VSEBINSKO-METODOLOŠKE ZNAČILNOSTI PREIZKUSOV IN VPRAŠALNIKOV.....	93
3.7	ANALIZA POSAMEZNIH NALOG ZAČETNEGA PREIZKUSA IZ PROSTORSKE PREDSTAVLJIVOSTI Z VIDIKA TEŽAVNOSTI.....	97
3.8	ANALIZA POSAMEZNIH NALOG KONČNEGA PREIZKUSA IZ PROSTORSKE PREDSTAVLJIVOSTI Z VIDIKA TEŽAVNOSTI.....	98
3.9	MERSKE KARAKTERISTIKE PREIZKUSA PROSTORSKE PREDSTAVLJIVOSTI .....	99
3.10	POSTOPKI OBDELAVE PODATKOV.....	100
3.11	REZULTATI OBDELAVE PODATKOV IN NJIHOVA INTERPRETACIJA ...	100
3.11.1	ANALIZA ZAČETNEGA STANJA .....	100
3.11.2	PREIZKUŠANJE HIPOTEZ, VEZANIH NA ZAČETNO STANJE.....	107
3.11.3	ANALIZA KONČNEGA STANJA.....	114
3.11.4	PREIZKUŠANJE HIPOTEZ, VEZANIH NA KONČNO STANJE .....	114
3.11.5	PREIZKUŠANJE HIPOTEZ, VEZANIH NA RAZLIKE MED ZAČETNIM IN KONČNIM STANJEM V EKSPERIMENTALNI SKUPINI.....	118
3.12	INTERPRETACIJA REZULTATOV EKSPERIMENTA .....	136
3.12.1	INTERPRETACIJA REZULTATOV, VEZANIH NA ZAČETNO STANJE (HIPOTEZE SKLOPA A).....	136
3.12.2	INTERPRETACIJA REZULTATOV, VEZANIH NA KONČNO STANJE (HIPOTEZE SKLOPA B).....	137
3.12.3	INTERPRETACIJA REZULTATOV, VEZANIH NA RAZLIKE MED ZAČETNIM IN KONČNIM STANJEM EKSPERIMENTALNE SKUPINE (HIPOTEZE SKLOPA C).....	138
<b>4</b>	<b>SKLEP, UGOTOVITVE IN PREDLOGI ZA NADALJNJE DELO .....</b>	<b>141</b>
<b>5</b>	<b>LITERATURA .....</b>	<b>144</b>
<b>6</b>	<b>PRILOGE .....</b>	<b>151</b>

## **POVZETEK**

Razvijanje prostorske predstavljalivosti z uvedbo 3D-modeliranja v osnovni šoli

Doktorska disertacija je sestavljena iz dveh delov, teoretičnega in empiričnega. Teoretični del obravnava nekatera dognanja drugih avtorjev, ki predstavljajo povezavo z empiričnim delom. Tako so predstavljene značilnosti: prostorskega zaznavanja, spomina in mišljenja, prostorske predstavljalivosti in vpliv spola nanjo, učnih stilov in hemisferičnosti možganov, testov hemisferne dominacije, kognitivnega razvoja s poudarkom na prostorski predstavljalivosti, inteligentnosti in večvrstne inteligentnosti, testov inteligentnosti in prostorske predstavljalivosti, tehničnega načrtovanja v osnovni šoli ter 3D-modeliranja in vizualizacije.

V empiričnem delu je prikazana raziskava o vplivu 3D-modeliranja na prostorsko predstavljalivost. Pri tem smo na začetnem stanju kontrolirali spol, razred, oceno pri TIT/NIT, izkušnje s poznavanjem programa za 3D-modeliranje, zaznavni stil, oceno prostorske sposobnosti, oceno hemisferičnosti in dosežke na začetnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti. Po eksperimentu smo kontrolirali učinke eksperimenta glede na razlike v dosežkih na končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti med eksperimentalno in kontrolno skupino ter napredek učencev eksperimentalne skupine z vidika prostorske predstavljalivosti.

Na osnovi 35 raziskovalnih vprašanj je bilo postavljenih 35 hipotez. Preverjanje hipotez je bilo razdeljeno v tri sklope: (A) hipoteze, vezane na začetno stanje, (B) hipoteze, vezane na končno stanje, in (C) hipoteze, vezane na razlike med začetnim in končnim stanjem eksperimentalne skupine. V sklopu A so bile potrjene tri hipoteze, tri so bile zavrnjene, v sklopu B so bile potrjene vse tri hipoteze in v sklopu C je bilo potrjenih vseh deset hipotez. V raziskavi je bilo zajetih 16 spremenljivk, sama raziskava pa je temeljila na eksperimentalni metodi empiričnega pedagoškega raziskovanja. Pedagoški eksperiment je potekal v dveh šolskih letih, 2011/2012 in 2012/2013. Raziskovalni vzorec je zajemal učence enajstih slovenskih osnovnih šol, v katerih se je izvajala interesna dejavnost 3D-modeliranje. V eksperimentalni skupini je bilo 95 učencev, v kontrolni pa 101. Sodelovali so učenci od 6. do 9. razreda, 107 je bilo učencev moškega, 89 pa ženskega spola. V eksperimentalno skupino so bili vključeni učenci, ki so izbrali 3D modeliranje kot interesno dejavnost in so jo obiskovali eno uro na teden med šolskim letom. Kontrolno skupino so sestavljali učenci, ki dejavnosti 3D modeliranje niso obiskovali. V večini primerov so bili to sošolci učencev eksperimentalne skupine. Podatki so bili izbrani na osnovi: osnovnih podatkov o učencih, začetnega in

končnega preizkusa iz prostorske predstavljalivosti, samoocenitvenega vprašalnika o učno-zaznavnih stilih, samoocenitvenega vprašalnika o večvrstni inteligentnosti in samoocenitvenega vprašalnika »Tvoj stil učenja in razmišljanja«. Bistvena ugotovitev je bila, da 3D-modeliranje vpliva na izboljšanje prostorske predstavljalivosti pri učencih, medtem ko med spoloma ni bilo ugotovljenih značilnih razlik.

**Ključne besede:** 3D-modeliranje, prostorska predstavljalivost, kognitivni razvoj.

## **ABSTRACT**

The development of spatial ability with the introduction of 3D modeling in lower secondary school.

This doctoral dissertation consists of two parts, a theoretical and an empirical one. The theoretical part addresses the findings of several other authors which relate to the empirical part of the dissertation. Characteristics of the following subjects are thus presented: spatial perception, memory and thinking, spatial ability and the way it is influenced by gender, learning styles and cerebral hemisphericity, tests of hemispheric dominance, cognitive development with a focus on spatial ability, intelligence and multiple intelligence theory, tests of intelligence and spatial ability, technical drawing in lower secondary school, 3D modeling and visualization.

The empirical part presents research on the impact of 3D modeling on spatial ability. The initial state of research controlled the participants' gender, grade of secondary education, marks in TIT/NIT, experience with 3D modeling software, perception style, assessment of spatial ability, assessment of hemispheric dominance, and results of the initial test of spatial ability. Following the experiment, effects were controlled on the basis of differences in results between the experimental and control groups at the final test of spatial ability, and the measured spatial ability development of experimental group students.

35 hypotheses were proposed on the basis of 35 research questions. Verification of the hypotheses was conducted in three segments: hypotheses related to the initial state, hypotheses related to the final state, and hypotheses related to differences between the initial and final states of the experimental group. Three hypotheses were confirmed and three rejected in segment A, all three confirmed in segment B, and all ten confirmed in segment C.

The research evaluated 16 variables and was based on an experimental approach to empirical pedagogical research. The didactic experiment took place during two school years, 2011/2012 and 2012/2013. The research sample comprised of students from eleven Slovenian lower secondary schools that conduct the extracurricular activity of 3D modeling. The experimental group contained 95 students whereas the control group contained 101. Participating students attended grades between 6<sup>th</sup> and 9<sup>th</sup> grade, with 107 of the students being male and 89 being female. The participants in the experimental group were students that had selected 3D modeling as an extra-curricular activity and attended one lesson per week during school year. The participants in the control group were students that did not attend lessons in 3D modeling. The majority of the control group participants were classmates with participants in the experimental group. Data was collected on the basis of basic student information, initial and final test of spatial ability, self-assessment questionnaire on learning-perception styles, self-assessment questionnaire on multiple intelligence types, and self-assessment questionnaire titled "Your style of learning and thinking". The essential findings state that 3D modeling does indeed contribute to the development of spatial ability in students aged between 11 and 15, while significant differences in spatial ability between genders were not observed.

**Keywords:** 3D modeling, spatial ability, cognitive development.

UDK: 159.95:004.925(043.3)



# 1 UVOD

Tehnika je veda, ki dnevno napreduje in se spreminja. Temu ustrezno se spreminja tudi učni načrt. Z razvojem računalništva in programske opreme je tudi načrtovanje izdelka dobilo nove razsežnosti. V osnovni šoli se je dolga leta uporabljala ciciCAD, v zadnjih letih pa vse bolj prihaja v veljavo računalniško 3D-modeliranje, ki ga lahko zasledimo tudi v zadnjem učnem načrtu za predmet tehnika in tehnologija. Poleg omenjenega pa je 3D-modeliranje ponujeno tudi v obliki izbirnega predmeta risanje v geometriji in tehniki. Največja prednost 3D-modeliranja pred klasičnim tehničnim risanjem in risanjem z orodjem ciciCAD je v tem, da lahko učenci predmet, ki ga načrtujejo, vidijo iz vseh zornih kotov v navideznem trirazsežnostnem prostoru. Hkrati je naše razmišljanje pri načrtovanju izdelka tridimenzionalno. Tako odpadejo miselne manipulacije in imaginacije, kako bi predmet, ki je na listu papirja ali računalniškem zaslonu prikazan v ravnini, bil videti iz različnih strani. Že nekaj let učitelji v več osnovnih šolah v Republiki Sloveniji ponujajo 3D-modeliranje kot interesno dejavnost in prav ti so bili v največji meri vključeni v raziskavo.

3D-modeliranje pa ima tudi druge prednosti v kognitivnem razvoju otroka, kar se je ugotavljalo z raziskavo, predstavljeno v tej doktorski disertaciji. Učenci, s katerimi se srečujemo učitelji v osnovni šoli, so različnih spolov, starosti, zaznavnih stilov, razvite imajo različne inteligentnosti in pri razmišljanju je lahko dominantna ena od obeh možganskih hemisfer. Osnovno vprašanje je tako bilo, kako 3D-modeliranje vpliva na prostorsko predstavljenost glede na spol, starost, zaznavni stil, hemisferičnost možganov in različno vrsto inteligentnosti učencev.

Temo doktorske disertacije z naslovom »Razvijanje prostorske predstavljenosti z uvedbo 3D-modeliranja v osnovni šoli« lahko uvrstimo med interdisciplinarna raziskovanja. V največji meri sicer zajema področje tehnike oziroma tehnike in tehnologije v osnovnošolskem izobraževanju, povezuje pa se tudi s psihologijo in nevroznanostjo.

Namen raziskave je bil:

- dokazati vpliv 3D modeliranja na razvijanje prostorske predstavljenosti pri učencih v osnovni šoli, ki se je preverjala z začetnim in končnim preizkusom iz prostorske predstavljenosti, na katerem so sodelovali učenci eksperimentalne skupine, ki so izvajali dejavnost 3D modeliranja po poskusnem učnem načrtu in kontrolne skupine,

- ugotoviti prostorsko predstavljaljivost glede na spol učenca, kot tudi razlike pri razvijanju le-te zaradi 3D modeliranja,
- ugotoviti vpliv prostorske predstavljaljivosti ter napredek le-te zaradi 3D modeliranja glede na zaznavni stil učenca,
- primerjati rezultate preizkusa iz prostorske predstavljaljivosti z rezultati samoocnitvenega vprašalnika večvrstne inteligentnosti in ugotoviti vpliv prostorske inteligentnosti na uspešnost reševanja preizkusa iz prostorske predstavljaljivosti in napredka le-te zaradi 3D modeliranja,
- ugotoviti vpliv prostorske predstavljaljivosti ter njen napredek zaradi 3D modeliranja glede na dominantnost ene od možganskih hemisfer pri razmišljanju.

### **Cilji doktorske disertacije**

V prvi vrsti je bil cilj doktorske disertacije dokazati pozitiven vpliv 3D-modeliranja na razvijanje prostorske predstavljaljivosti, ki se je preverjala s preizkusom iz prostorske predstavljaljivosti pri učencih v osnovni šoli. V raziskavi so sodelovali učenci, ki so izvajali interesno dejavnost 3D-modeliranje po poskusnem in kasneje tudi sprejetem učnem načrtu (Dolenc, Fišer, Florjančič, Glodež in Šafhalter, 2012), in kontrolna skupina učencev. Preizkus se je izvajal v dveh časovnih obdobjih, in sicer pred izvajanjem dejavnosti 3D-modeliranja in po njem. Analiza preizkusa je bila izvedena s pomočjo računalniškega programa SPSS.

Prav tako je bil cilj ugotoviti prostorsko predstavljaljivost glede na spol učenca kot tudi razlike pri njenem razvijanju zaradi 3D-modeliranja ter ugotoviti prostorsko predstavljaljivost učencev in napredek učencev v prostorski predstavljaljivosti glede na zaznavni stil učenca in primerjavo samoocene večvrstne inteligentnosti z rezultati preizkusa iz prostorske predstavljaljivosti. Zaznavni stil učenca, vizualni, avditivni ali kinestetični, se je ugotavljal s samoocnitvenim vprašalnikom.

Zastavljeni cilj je pomenil tudi, da želimo ugotoviti prostorsko predstavljaljivost učencev in njihov napredek v prostorski predstavljaljivosti glede na dominantnost ene od možganskih hemisfer pri načinu razmišljanja. Prva tako nas je zanimal tudi vpliv različne starosti, predznanja pri uporabi programske opreme za 3D-modeliranje in ocena pri predmetu tehnika in tehnologija na prej omenjene dejavnike.

Ker je bil preizkus iz prostorske predstavljaljivosti razdeljen na dva dela, rotacije likov na ravnini in rotacije predmetov v navideznem trirazsežnostnem prostoru, so nas zanimale tudi

morebitne razlike med rezultati posameznega sklopa preizkusa iz prostorske predstavljalivosti, tako začetnega kot končnega.

### **Teze doktorske disertacije**

V pripravi doktorske disertacije so bile za predvideno raziskavo postavljene naslednje teze:

- Z rezultati preizkusa iz prostorske predstavljalivosti, ki bo izveden v dveh različnih časovnih obdobjih, se bo pokazal pozitiven vpliv 3D-modeliranja na prostorsko predstavljalivost učencev.
- Prostorska predstavljalivost bo bolj razvita pri učencih moškega kot ženskega spola, napredek zaradi 3D-modeliranja pa bo prisoten pri obeh spolih, vendar bolj pri moškem.
- Prostorska predstavljalivost in njen napredek bosta glede na zaznavni stil najbolj očitna pri vizualnem tipu učencev, nekoliko manj pri kinestetičnem in najmanj pri avditivnem tipu učencev.
- Na preizkusu iz prostorske predstavljalivosti bodo najboljše rezultate dosegli desnohemisferski učenci, prav tako bo pri njih zaradi 3D-modeliranja dosežen največji napredek v prostorski predstavljalivosti.

### **Pričakovani izvirni znanstveni prispevki**

Raziskava s pedagoških eksperimentom, predstavljena v pričujoči doktorski disertaciji, bo dala naslednje izvirne znanstvene prispevke:

- Razvijanje prostorske vizualizacije s 3D-modeliranjem;
- Prostorska predstavljalivost 3D-modeliranja in način razmišljanja glede na hemisferičnost možganov;
- Razvijanje prostorske predstavljalivosti pri učencih v osnovni šoli zaradi 3D-modeliranja;
- Razlike v napredku prostorske predstavljalivosti pri učencih v osnovni šoli glede na spol in starost zaradi 3D-modeliranja;
- Razlike v napredku prostorske predstavljalivosti s pomočjo 3D-modeliranja glede na zaznavni stil učenca.

## **2 TEORETIČNI DEL**

V teoretičnem delu so predstavljene osnove, ki so služile kot podlaga raziskovalnega dela. 3D modeliranje je tesno povezano z zaznavanjem prostora oziroma prostorsko predstavljenostjo, ki pa je odvisna tudi od spomina in mišljenja. Ko govorimo o prostorski predstavljenosti, ne moremo mimo omembe spola, možganske hemisferičnosti in zaznavnih stilov. Sama prostorska predstavljenost se spreminja, kot je govoril že Piaget, s starostjo otroka. Osnova dobre prostorske predstavljenosti je prostorska inteligentnost, ki je po Gardnerju ena od sedmih ključnih. Skozi zgodovino so se testi inteligentnosti spreminjali in danes poznamo kar nekaj specifičnih testov prostorske predstavljenosti, ki so predstavljeni tudi v pričujoči doktorski disertaciji. Ker pa je rdečo nit predstavljalo 3D modeliranje, ki je eden od načinov tehničnega načrtovanja, je prikazan tudi pregled tehničnega načrtovanja skozi prizmo vsebin in ciljev učnih načrtov pri tehničnih predmetih v osnovni šoli skozi različna časovna obdobja. Nekaj besed pa je seveda namenjeno tudi samemu 3D modeliranju in njegovim prednostim ter vizualizaciji kot načinu, s katerim lahko učenci prikažejo predmet, ki ga bodo izdelali.

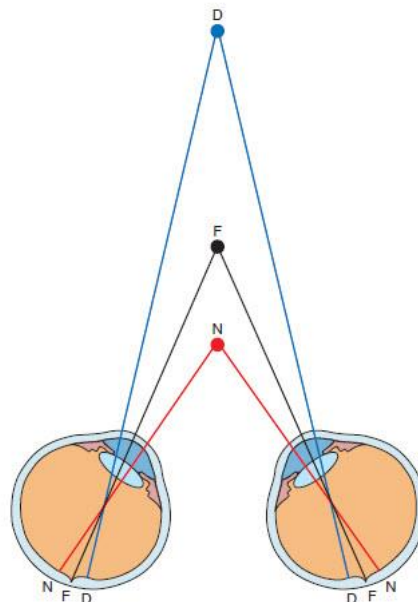
### **2.1 PROSTORSKO ZAZNAVANJE**

Človek sprejema informacije iz okolja s pomočjo čutil. Vnos informacije glede na vrsto dražljaja iz okolja poteka s čutilnimi celicami, ki lahko ležijo v očesu, koži, nosu, jeziku, ušesu. Čutilne celice so lahko različno oblikovane. Informacije, sprejete prek živčnih celic, ki so povezane s čutilnimi, pridejo do možganov. Proces od trenutka, ko s čutili sprejete informacije pridejo do centralnega živčnega sistema, do trenutka, ko se oseba zave vsebine opaženega, imenujemo percepcija. Možgani s pomočjo miselnih procesov te surove informacije obdelajo, pri tem pa ne gre zgolj za pasivno preslikavo zunanjega sveta, ampak tudi primerjanje zaznanih informacij z informacijami, shranjenimi v dolgotrajnem spominu, včasih pa tudi za transformacije zaznanih vsebin (Pogačnik, 1995).

S čutilom za vid sprejemamo večino dražljajev iz okolja, ki potujejo s pomočjo odbite svetlobe v oko. Oko je parni organ, ki omogoča vizualno zaznavanje. Svetloba je elektromagnetno valovanje, pri katerem pa je človeški vid omejen med valovnimi dolžinama 380 in 770 nm (Brecelj, 1999). Zrklo očesa je kroglaste oblike in ima premer približno 2,4 cm. Zgrajeno je iz treh plasti: beločnice, žilnice in mrežnice. Vidne čutnice se nahajajo v mrežnici in so zgrajene iz dveh vrst celic: paličic in čepkov. Paličice se odzivajo na svetlobne

dražljaje, čepki pa služijo za zaznavanje barv. Informacija iz mrežnice se do možganov prenaša prek vidnega živca (Saladin, 2009).

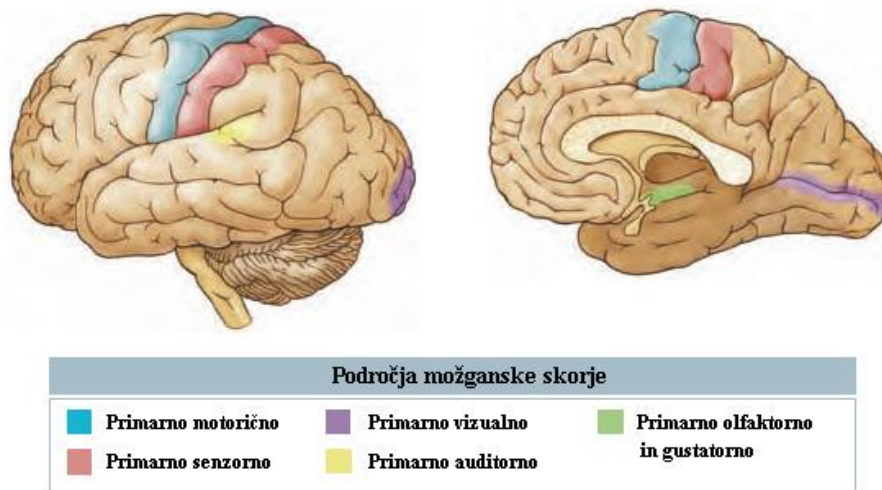
Stereoskopski vid omogoča globinsko percepcijo oziroma presojo o tem, kateri predmeti se nahajajo bližje in kateri dlje. Odvisna je od obeh oči, ki sta približno 6 cm narazen in katerih vidni polji se prekrivata, saj vsako oko zajame sliko predmeta iz različnega zornega kota. Stereoskopski vid ima pred panoramskim prednost pri zaznavanju globine. Panoramski vid je razvit pri nekaterih drugih sesalcih, na primer konjih, ki imajo oči na nasprotnih straneh glave. V evolucijskem razvoju so se oči primatov pomaknile naprej, kar omogoča boljše zaznavanje 3D-prostora oziroma globinske slike. S tem so lahko boljše ocenili razdalje v naravi, predvsem pri skokih z drevesa na drevo (Saladin, 2009). Ko izostrimo sliko, ki se nahaja na razdalji približno 30 m, jo z vsakim očesom vidimo iz drugačnega zornega kota. Izostrena slika pade na rumeno pego na mrežnici oziroma majhno jamico, ki jo imenujemo *fovea centralis*. Točko, ki jo obe očesi izostrita na tej razdalji, imenujemo točka izostritve (F). Objekti, ki se nahajajo dalj od te točke (D), so izostreni na delu mrežnice, ki se nahaja medialno glede na rumeno pego, kar možgani interpretirajo kot točke, ki so bolj oddaljene. Objekti, ki se nahajajo bližje (N) kot navidezna točka F, so izostreni na točki lateralno od rumene pege. Možgani jih interpretirajo kot točke, ki so bližje (Saladin, 2009).



**Slika 1:** Izostritev slike (Saladin, 2009)

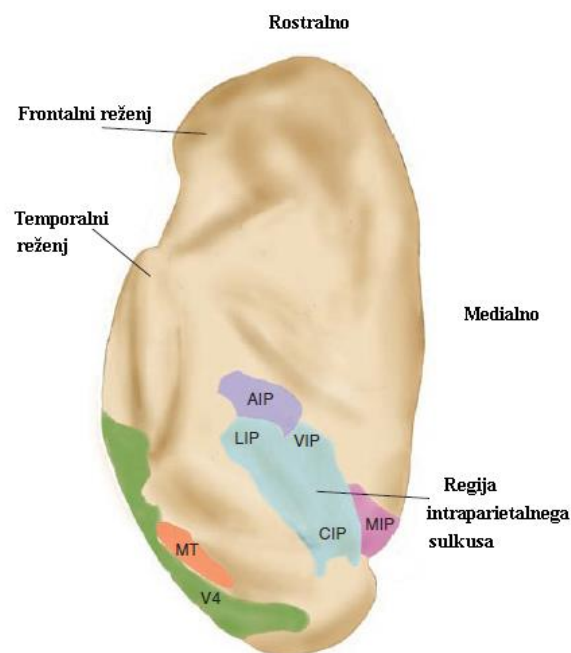


Anatomsko ločeni deli možganov (slika 3) so specializirani za obdelavo posameznih zaznav. Prostorska kognicija predstavlja interaktivno delovanje večjega števila kognitivnih procesov in možganskih struktur (Saladin, 2009).



**Slika 3:** Specializirana področja možganske skorje za obdelavo posameznih zaznav (Kolb in Wishaw, 2014)

V posteriornem parietalnem korteksu se nahaja CIP-področje (slika 4), ki sodeluje pri stereoskopskem zaznavanju globine (Carlson, 2013).



**Slika 4:** Leva hemisfera posteriornega parietalnega korteksa (Carlson, 2013)

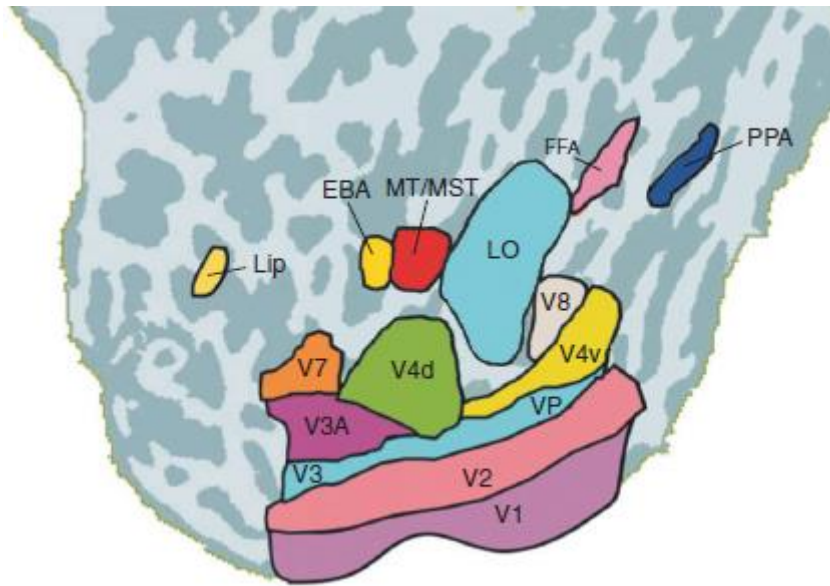
Nevrologi so ugotovili povezavo med mrežnico v očesu in delom možganov, imenovanem primarni korteks (V1) v zatilnem režnju, ki predstavlja mapo retinalnega dela. Okvare vidnega korteksa ali povezave do njega privedejo do popolne slepote (Pogačnik, 1995). Vidna področja v zatilnem delu možganov (V1, V2 ...) prejemajo signal iz obeh oči, kar imenujemo binokularnost (Morris in Fillenz, 2007). Iz dela V1 se vidna področja širijo po senčnem režnju do inferotemporalnega korteksa (ventralna pot) in temenskem režnju (dorzalna pot) do posteriornega parietalnega korteksa. Poleg vidnih dražljajev pa prostorska kognicija vključuje tudi druge vire prostorskih informacij. Raziskave kažejo, da vključuje široko mrežo kortikalnih in subkortikalnih struktur. Podrobnejše nevroznanstvene raziskave poudarjajo ključno vlogo treh možganskih struktur oziroma področij, ki imajo vpliv na prostorsko kognicijo. To so hipokampus, parietalni korteks in frontalni korteks (Kolb in Whishaw, 2003).

Področja vizualnega korteksa so razdeljena na naslednja področja (Carlson, 2013):

- V1: analiziranje orientacije, gibanja, prostorske frekvence,
- V2: nadaljnja analiza podatkov V1,
- V3 + VP: nadaljnja analiza podatkov V2,
- V3A: obdelava vizualnih informacij preko celotnega vidnega polja,
- V4d/V4v: analiziranje oblik (spodnje (V4d) in zgornje (V4v) vizualno polje),
- V7: vizualna pozornost, kontrola premikov oči,
- LIP: vizualna pozornost, kontrola hitrih premikov oči,
- VIP: nadzor vizualne pozornosti posebnih lokacij, krmiljenje premikov oči, vizualna kontrola,
- LO: prepoznavanje objektov,
- FFA: prepoznavanje obrazov in objektov,
- PPA: prepoznavanje krajev,
- EBA: zaznavanje delov telesa razen obraza,
- MT/MST: zaznavanje premikanja, optični pretoki v določenih subregijah,
- AIP: vizualni nadzor gibov rok,
- MIP: vizualna kontrola bližine,
- V8: zaznavanje barv.

Našteta področja so prikazana na sliki 5.





**Slika 5:** Komponente ventralnih in dorzalnih tokov vizualnega korteksa (Carlson, 2013)

Hipokampus je struktura na zaključku temporalnega režnja. Zadolžen bi naj bil za procesiranje in hranjenje informacij, ki so del epizodičnega spominskega sistema in omogočajo vzpostavitev prostorskega konteksta ter navigacijo v okolju (Kolb in Whishaw, 2003). Hipokampus vsebuje tudi »prostorske celice« (angl. place cells) (Kolb in Whishaw, 2003), ki so sposobne ustvariti mapo prostora, v katerem se nahajamo, in se selektivno odzivajo na vstop v novo področje. Raziskovalci so odkrili obstoj hipokampalnih (O'Keefe in Nadel, 1978) celic, katerih odziv ni prostorsko pogojen, ampak se odzivajo na spremembe nalog, ciljev ali drugih dogodkov (Redish, 2001), ter celice razgleda (angl. view cells) (Kolb in Whishaw, 2003), ki se odzivajo na specifičen pogled živali in ne na njegov položaj (Rolls, 1999). Torej hipokampus neposredno ne beleži samo prostorskega zemljevida, ampak cel niz raznih zemljevidov. Prostorske celice naj bi beležile položaj na zemljevidu, neprostorske pa bi naj posredovale informacijo, za kateri zemljevid gre. Celice razgleda pa imajo povezavo z epizodičnim spominom, v katerem se beleži položaj objektov v prostoru. Redish (2001) opozarja tudi na razlike in podobnosti med deklarativnim in proceduralnim spominom ter med položajnostno in taksonsko navigacijo. Za deklarativni spomin je značilno hitro pridobivanje znanja, fleksibilnost in da vključuje hipokampus, medtem ko se pri proceduralnem spominu znanje pridobiva počasi, je nefleksibilno in vključuje bazalne ganglije. Položajnostna navigacija se, podobno kot pri deklarativnem spominu, osvoji hitro, omogoča fleksibilnost in vključuje hipokampus. Po drugi strani se taksonska navigacija, pri kateri gre za pot in smer gibanja, osvaja počasi, je nefleksibilna in vključuje bazalne ganglije. Ključno vprašanje pri

hipokampusu bi torej bilo, kakšna je njegova vloga v navigaciji in spominskem sistemu določene osebe (Repovš, 2002).

V letu 2005 sta Edvard in May-Britt Moser odkrila drugo ključno komponento pozicioniranja v prostoru. To so tako imenovane mrežne celice (angl. grid cells), ki ustvarjajo koordinatni sistem za pozicioniranje, in to nekako v obliki heksagonalne mreže. Nahajajo se v entorinalni možganski skorji. Raziskave na podganah so pokazale, da so se omenjene celice, tako kot tudi prostorske celice, aktivirale, ko so podgane odšle na določeno lokacijo (Abbott, 2014).

Parietalni korteks oziroma predvsem posteriorni parietalni korteks ima zaradi povezav z dorzalno potjo vidnega procesiranja odlične možnosti za integracijo prostorskih informacij senzornih kanalov. Skupina znanstvenikov (Andersen, Snyder, Bradley in Xing, 1997) je prišla do zaključka, da je naloga posteriornega parietalnega korteksa združevanje vidnih, slušnih in nekaterih drugih informacij z namenom nadzora izvajanja prostorske aktivnosti. Mehanizmi posteriornega parietalnega korteksa naj bi vzpostavljali reprezentacijo prostora v distribuirani obliki, ki omogoča kombinacijo vhodov iz različnih senzornih sistemov z neuskkljenimi prostorskimi okviri ter izhodov v raznolike motorične prostorske okvire. Številne raziskave (Repovš, 2002) tudi kažejo aktivacijo različnih predelov parietalnega korteksa na različnih področjih prostorske kognicije, kot so na primer prostorska pozornost, prostorski delovni spomin ali prostorsko učenje, torej vedenja, ki se nanašajo na vidnoprostorske informacije. Maguire (1997, povz. po Repovš, 2002, str. 84) je prišel do zaključka, da ima parietalni korteks pomembno vlogo pri vodenju motorične aktivnosti, prostorski pozornosti, manipulaciji z vidnim prostorom in tudi z dolgoročnim prostorskim spominom.

Frontalni korteks sodeluje pri oblikovanju in izvedbi vedenjskih načrtov, nadzoru pozornosti, delovanju delovnega spomina ter pri mnogih drugih kognitivnih procesih. Ker vse te funkcije vključujejo tudi oblikovanje, vzdrževanje in manipulacijo reprezentacij prostora, lahko ugotovimo, da je namenjen tudi načrtovanju prostorske aktivnosti, nadzoru prostorske pozornosti ter oblikovanju in vzdrževanju prostorskega delovnega spomina (Repovš, 2002).

## **2.2 SPOMIN IN MIŠLJENJE**

### **Spomin**

Pri vidnem zaznavanju in prostorski predstavljenosti igra pomembno vlogo tudi spomin. Pogoj za tvorbo spomina seveda predstavlja predhodno zaznavanje. V spominu dražljaje iz okolja

shranimo in jih kasneje lahko uporabimo ter nam predstavljajo predpogoj za mišljenje (Mancini, 2011).

V prostoru se lažje orientiramo, če smo nekoč tam že bili. Te podatke hranijo naši možgani. Ko imamo na nekem področju shranjenih veliko podatkov, lahko o tem tudi resneje razmišljamo. Težave lahko nastopijo, če si moramo v čim krajšem času zapomniti veliko podatkov. V tem primeru nastopijo težave s tvorbo višjih ravni spominskih funkcij, ki se sploh ne začnejo razvijati. Preveč podatkov, ki se jih naučimo na pamet, se naloži v hipokampusu, ki predstavlja enega glavnih delov za skladiščenje spomina. Tvorijo se lahko povezave v možganski korteks ali pa se del teh podatkov izgubi. Za kakovostno pomnjenje je zelo pomembno ponavljanje.

Spomin opravlja tri bistvene naloge: kodira informacije, jih shranjuje in prikličje. V trenutkih percepcije možgani informacijo kodirajo, da bi jo lahko shranili v spomin. Pride do kratkoročnega shranjevanja informacij, ki z utrjevanjem preidejo v stabilno shranjene informacije. Če je stopnja pozornosti nizka, ne pride niti do shranjevanja v kratkoročni spomin. Spomin bi lahko definirali kot mehanizem, s katerim pretekle izkušnje spremenimo v sedanje vedenje. Določen tip spomina je spravljen v določenem predelu. Spominske sledi za vidno informacijo so tako na primer spravljene v striatumu in zunajstriatnem možganskem korteksu (Kolb in Whishaw, 2003; Rus Makovec, 2012).

Kot navaja Rus Makovec (2012), lahko glede na čas trajanja spomin kategoriziramo na senzorni, kratkoročni (delovni) in dolgoročni spomin. Glede na kakovost ga delimo na deklarativni (eksplicitni) in nedeklarativni (implicitni) spomin. Deklarativni se nanaša na spominjanje dogodkov in dejstev, o katerih lahko besedno poročamo, nedeklarativni pa na spomine, ki smo jih pridobili v obliki spretnosti in veščin. Prvi je povezan z zavestnim doživljanjem, pri drugem pa gre za obvladovanje postopkov in pravil. Deklarativni spomin delimo na epizodični (spomin na osebne izkušnje) in semantični (splošno znanje). Nedeklarativni je lahko proceduralni (npr. vožnja kolesa), sprožilni (zaradi izpostavljenosti nekaterim dražljajem se hitreje naučimo odziva na podobne ali enake dražljaje) in pogojevalni ali asociativni (povezave med dvema dražljajema ali med dražljajem in odgovorom nanj). Za semantični spomin je značilna kategorizacija informacij, kar omogoča učinkovitejši priklic. V spomin se shranjujejo tudi veščine in čustva. Slednja lahko učenje naredijo veliko učinkovitejše. Takšno učenje bi lahko imenovali tudi pogojevanje in vključuje bazalni ganglij in amigdaloidno jedro. Ugotovimo lahko, da je učenje hitrejše, če vključuje čustven naboj,

torej vesele, boleče, žalostne izkušnje ter visoko motivacijo in pozornost (Kolb in Whishaw, 2003; Rus Makovec, 2012).

Spominski proces poteka v naslednjih fazah: kodiranje, konsolidacija, shranjevanje in priklic. Začne se z zaznavo oziroma senzoričnim spominom, ki traja največ tri sekunde. Informacija, ki prispe v možgane, mora biti v takšnem zapisu, da se kodiranje sploh lahko začne (Rus Makovec, 2012).

Dolgoročni spomin, torej eksplicitni in implicitni, se spravlja v možganski korteks (neokorteks). Kodiranje in priklic eksplicitnega spomina se dogajata v hipokampusu in drugih delih temporalnega režnja, implicitni spomin pa v drugih možganskih predelih. Implicitni spomin ima relativno pasivno vlogo, kar se tiče kodiranja, zato je pomembno, da se odrasli (učitelji) pred otroki obnašamo tako, kot bi želeli, da se oni sami. Kratkoročni spomin se lahko oblikuje v dolgoročnega, če neko nalogo ponavljamo. Konsolidacija poteka v dveh stopnjah. Prva stopnja poteka od nekaj minut do nekaj ur in jo imenujemo tudi sinaptična. Druga stopnja poteka dalj časa, in sicer od nekaj dni do nekaj let in jo imenujemo tudi sistemska. Pri slednji gre za organizacijo spomina in reorganizacijo možganskih predelov, zadolženih za spomin. Pri skladiščenju spomina ključno vlogo igrata hipokampus in možganski korteks. V začetni fazi ustvarjanja spomina je pomemben hipokampus, prek katerega se kodirajo informacije in prenašajo v možganski korteks. Hipokampus skrbi za koordinacijo spominskih sledi določenega dogodka, katerega informacije (vidne, slušne, prostorske ...) so razpršene v različnih delih možganov. Hipokampus bi naj igral vlogo tudi pri reaktivaciji spominskih sledi. Informacije se oblikujejo v dolgoročni spomin v obliki vidnih predstav ali v besedni obliki. Pri prostorski predstavljenosti igrajo veliko vlogo predvsem vidne predstave. Prav tako so pomembne t. i. eidetske predstave, s katerimi lahko potegnemo določene vzporednice s fotografskim spominom. Pri eidetskih predstavah lahko tudi kaj dodamo, izpustimo ali spremenimo, kar za fotografski spomin ni značilno. Eidetske predstave so skoraj identične zaznavam. Te predstave pa niso zgolj vizualnega tipa, ampak jih lahko zasledimo tako pri slušnih kot taktilnih dražljajih. Dobro eidetsko predstavljenost pogosteje srečamo pri otrocih, likovnih umetnikih in nekaterih predstavnikih preprostih plemen. Vezana je na desno poloblo možganov, ki je zadolžena predvsem za obdelavo vizualnih informacij (Kolb in Whishaw, 2003; Rus Makovec, 2012; Pečjak, 2001).

Senzorni ali trenutni spomin je opredeljen kot neposredna sled določenega dražljaja in traja od pol sekunde (vidne sledi) do treh sekund (slušne sledi) (Pečjak, 2001).

Kratkoročni oziroma delovni spomin traja le kratek čas, med dvajset in štirideset sekund, ki pa ga s ponavljanjem lahko podaljšamo. Delovni spomin obsega predvsem ohranjanje senzornega gradiva, v največji meri vidnega in slušnega. Pomembne naloge delovnega spomina so sodelovanje s percepcijo in dolgoročnim spominom, z motoričnim sistemom, povezan je s pozornostjo in z razumevanjem. V delovnem spominu si zapomnimo približno sedem elementov, vendar se lahko pri posameznikih pojavljajo razlike. V povprečju pri triletnikih vsebuje tri enote, pri sedemletnikih pet enot, pri petdesetletnikih šest enot, pri študentih pa osem. Prav tako je lahko večji za številke kot za like ter večji pri bolj inteligentnih osebah. Predel delovnega spomina predstavljata čelni in temenski reženj možganov (Kolb in Whishaw, 2003; Rus Makovec, 2012).

Poseben primer za arhitekturo delovnega spomina je podal Baddeley (Ferrari in Vuletic, 2010), ki vključuje dva splošna sistema, centralni izvršilni sistem in epizodični pomnilnik, ter dva specializirana pomnilnika za shranjevanje informacij, enega za glasovne, drugega za vizualno-prostorske informacije.

### **Mišljenje**

O mišljenju lahko govorimo takrat, ko posameznik naleti na problem, ki ga skuša rešiti. Pri tem je aktiviran predvsem delovni spomin, ki pa je pri priklicu določenih podatkov povezan z dolgotrajnim spominom. Pri mišljenju bi lahko rekli, da gre za odkrivanje novih odnosov znotraj določenih izkušenj. V veliki meri gre za ugotavljanje in reševanje situacij v nekih do sedaj neznanih povezavah. Glede na realnost situacije delimo mišljenje na realistično in avtistično. Pri prvem gre za stvarna in realna dejstva, pri drugem pa so v ospredju čustva in želje. Za realistično mišljenje je značilno reševanje problemov, medtem ko gre pri avtističnem bolj za sanjarjenje in domišljijo. Oba načina se med seboj prepletata, saj si ne nazadnje pri reševanju problemov najprej domišljamo končno rešitev ali postavimo hipotezo, ki jo šele kasneje preverjamo. Pri procesu mišljenja ločimo miselne strukture in miselne operacije. Miselne strukture so omejene na vsebine oziroma na zaznave, pojme in predstave, medtem ko gre pri miselnih operacijah za prestavljanje miselnih struktur iz enega v drugo stanje. Za miselne strukture bi lahko dejali, da nam povedo, s čim mislimo, miselne operacije pa, kako mislimo (Pečjak, 2001).

Po mnenju Piageta (povz. po Vigotski, 2010) se značilnost otrokovega mišljenja kaže v dvoravninskosti, saj živi v dveh razklanih, nezdružljivih dejanskostih. Eno oblikuje njegovo lastno, naravno mišljenje, drugo pa je tisto, ki mu ga vsiljuje okolica. Ker naj bi vsako od njiju

predstavljalo svojo logiko, pride do razkola. Piaget je trdil, da je resnična stvarnost za otroka precej manj resnična kot za odraslo osebo. Tako naj bi otrok živel v dveh različnih svetovih.

Po mnenju Vigotskega (2010) prehaja otrok do oblikovanja pojmov skozi tri glavne razvojne stopnje, med katerimi ima vsaka več podstopenj. Prva stopnja (sinkretično mišljenje) se kaže v vedenju mlajših otrok. Značilno je oblikovanje neurejene in nepovezane množice predmetov, ki jih otrok združi brez povezav med njenimi prvinami. Omenjena stopnja vsebuje tri podstopenje. Prva med njimi predstavlja podstopnjo poskusov in napak, za drugo so značilne prostorske razmestitve, ki temeljijo na subjektivnih povezavah, medtem ko so na tretji že vključene otrokove izkušnje, vendar še brez pravih notranjih povezav.

Druga stopnja, ki vsebuje pet podstopenj, predstavlja stopnjo oblikovanja kompleksov oziroma kompleksnega mišljenja, kjer otrok vzpostavlja povezave in odnose med različnimi konkretnimi vtisi, sistematizira in povezuje posamezne predmete. Pri prvi podstopnji gre za asociativni način, kjer otrok obravnava predmete po barvi, velikosti in obliki. Na drugi podstopnji ustvarja zbirke, kjer gre za združevanje predmetov in konkretnih vtisov v skupine na podlagi medsebojnega dopolnjevanja glede na neko lastnost. Tretjo podstopnjo imenujemo tudi verižni kompleks, pri katerem gre za dinamično in začasno združevanje posameznih členov v verigo (otrok ob vzorčnem predmetu izbere enega ali več drugih, ki so z vzorčnim asociativno povezani, nakar nadaljuje z izbiranjem predmetov na podlagi značilnosti kakšnega od prej izbranih, pri čemer ta značilnost nima nobene povezave z vzorčnim predmetom). Vsak člen verige je tako povezan s predhodnim in naslednjim. Tretjo stopnja je poimenovana difuzni kompleks, kjer gre za združevanje konkretnih skupin predmetov na podlagi povezav, ki so difuzne in nedoločene. Za glavno merilo pri oblikovanju kompleksa je lahko izbrana na primer oblika ali barva predmeta. Difuzni kompleks se lahko neomejeno širi z dodajanjem vedno novih predmetov. Z vidika odraslega lahko pri otroku opazujemo nepričakovane, drzne miselne povezave ali miselne preskoke, ko pričnejo razmišljati zunaj meja njihovega neposrednega predmetnega sveta in praktičnih izkušenj. Zadnja podstopnja, podstopnja psevdopojmov, je prehodna in se povezuje s predhodnimi, obenem pa predstavlja most do nove, višje stopnje, do oblikovanja pojmov. Torej gre za povezano med kompleksom in pojmom. Gre za miselno posplošitev, ki na zunaj spominja na pojme, ki jih uporablja odrasli človek, vendar v samem bistvu po psihološki naravi še ne moremo govoriti o pojmu v pravem pomenu besede (Vigotski, 2010).

Tretja stopnja je stopnja oblikovanja pojmov, za katere so potrebni tako procesi analize kot sinteze ter tudi abstrakcije. Na prvi podstopnji abstrahiranja otrok različnim lastnostim predmeta ne posveča enake pozornosti. Ima pa lahko abstrahiranje pogosto še ne povsem določeno obliko, saj otrok pogosto abstrahira kar celo, notranje nediferencirano skupino lastnosti. Druga podstopnja predstavlja t. i. potencialne pojme. V tem primeru bo otrok običajno izločil skupino predmetov, ki jih družijo ena skupna značilnost. Potencialni pojmi so za otroka zelo pomembni, saj prvič razgradi konkretno situacijo in konkretno kombinacijo lastnosti, kar privede do nove razlage, a na drugačnih temeljih (Vigotski, 2010).

Vigotski (2010) ugotavlja, da otrok zaključi tretjo stopnjo razvoja in preide k pojmovnemu mišljenju v puberteti. Prehod med stopnjami pa moramo opazovati bolj kompleksno, saj ne moremo trditi, da se naslednja stopnja pojavi, ko se predhodna zaključi. Tudi ko otrok pride do stopnje oblikovanja pojmov, ne zavrže drugih, bolj osnovnih oblik.

Demetriou (povz. po Ferrari in Vuletic, 2010) je v več raziskavah odkril šest področij mišljenja. Ta področja so lahko kategorična, kvantitativna, prostorska, vzročna, socialna in verbalna. Prostorsko razmišljanje omogoča razmišljanje o predmetih, orientaciji in gibanju v prostoru. Omogoča razumevanje prostorskih razmerij v določenem objektu in razdalje med predmeti. Nastanek miselnih podob, kot so globina prostora in velikost prostora ter orientiranost, so osnovni procesi tega sistema. Da se lahko v prostoru gibljemo, moramo uporabljati miselne rotacije in vizualizacijo.

## **2.3 PROSTORSKA PREDSTAVLJIVOST**

Kot navaja Mancini (2011), so predstave spominske kopije zaznav, saj lahko nekaj, kar smo že videli, prikličemo v zavest, lahko pa z miselnimi manipulacijami oziroma mentalnimi vizualizacijami iščemo analogije svojih zaznav, ki jih shranjujemo v spominu.

Prostorsko predstavljaljivost bi lahko poimenovali tudi vidna (Gardner, 2010), saj je tesno povezana z opazovanjem vidnega sveta. Zanj so prav tako značilne uspešne pretvorbe ali spremembe začetnih zaznav in poustvarjanje nekaterih doživetij, ki jih je bil posameznik deležen v preteklosti. Čeprav je prostorska predstavljaljivost neposredno povezana z vidnimi dražljaji, pa jo imajo lahko razvite tudi slepe osebe. Iz ugotovitev raziskav Barbare Landau in sod. (povz. po Gardner, 2010) lahko razberemo, da je imela razvito prostorsko predstavljaljivost dveinpolletna deklica, ki je lahko določila pot med dvema predmetoma pri približevanju iz neke tretje točke. Morala si je predstavljati razdalje in kote, da je lahko določila pot, po kateri

ni nikoli šla. Ista deklica je pri starosti štirih let z uporabo taktilnega zemljevida našla predmet nekje v sobi. Tako lahko sklepamo, da je razumevanje prostorskih odnosov odvisno tako od vidnih kot tipnih izkušenj in dražljajev.

Svetličić (2004) navaja, da je nekaj največjih svetovnih umov, kot so Einstein, Faraday, Tesla in Franklin, izjavilo, kako pomembno vlogo je imela prostorska predstavljalnost pri njihovih kreativnih dosežkih.

Prostorska predstavljalnost predstavlja zmožnost več različnih dejavnikov: vidnega zaznavanja, risanja, zamišljanja in preoblikovanja objektov ali prostorov, v katerih nismo prisotni oziroma jih v tistem trenutku ne vidimo. Za posameznika je lahko značilna posamezna dejavnost ali skupek več posameznih. Vendar bo verjetno tisti, ki je uspešen na določenem področju, hkrati uspešen tudi na ostalih, saj izkušnje na enem povzročijo razvoj spretnosti na podobnih področjih (Gardner, 2010).

O prostorski predstavljalnosti lahko govorimo, ko skuša posameznik zaznati in prerisati predmet ali lik ter ugotoviti, kakšen bi bil videti, če ga obrnemo za določen kot. Takšne pretvorbe so lahko zahtevne, saj zahtevajo obračanje predmeta v mislih. Ugotoviti je treba, kakšen bi bil videti predmet po rotaciji. Roger Shepard (v Shepard in Metzler, 1971), ki je raziskoval prostorsko predstavljalnost, je trdil, da je čas, ki ga oseba potrebuje, da oceni, če sta dva lika ali predmeta enaka, povezan s številom rotacij, ki so potrebne, da pridemo do rešitve. Raziskave kažejo, da pri reševanju problemov, ki jih opazujemo na slikah, uporabljamo enake miselne procese kot za konkretne situacije. Kakor lahko predmet dejansko obračamo, enako počnemo tudi v vizualni manipulaciji. Miselna manipulacija je tako replika dejanskega procesa. Gre za prehod k višjim kognitivnim dejavnostim, ki ostajajo vizualne in ne prehajajo v abstrakcije (Gardner, 2010).

Pri reševanju nalog prostorske predstavljalnosti imajo velik vpliv miselni modeli (Laird-Johnson, 1983, povz. po Gardner, 2010, str. 212), ki predstavljajo približke realnega sveta. V neki meri igra vlogo metaforična zmožnost prepoznavanja podobnosti med raznimi področji. Tako kot lahko zasledimo primerjave mikroorganizmov z organizirano človeško družbo, nebo kot opno ali atom kot osončje, lahko z vzorci iz vsakdanjega življenja dojamemo tudi prostorske relacije. Vse podobe so najverjetneje najprej nastale v vidni obliki. Tako si človek oblikuje miselni model realnosti.



Otrok se težko uči, če nekaj omejimo le na jezikovni opis, brez praktičnih izkušenj. Predšolski otroci se hitro učijo, ker vsak predmet primejo v roke. Po Piagetu je realnost konstrukcija, ki jo je otrok razvijal vse od prvih let življenja. Otrok neprestano, da bi zgradil veljavnost, primerja svojo predstavo z realnostjo (Gardner, 2010).

Nekateri so vidnim in prostorskim predstavam pripisali vlogo osnovnega vira mišljenja. Tako psiholog umetnosti Rudolf Arnheim (1969, povz. po Gardner, 2010, str. 212) trdi, da najpomembnejše miselne operacije prihajajo iz našega vidnega zaznavanja sveta in da nismo zmožni jasno misliti o nekem procesu ali pojmu, če si ne moremo ustvariti predstave o njem.

### **2.3.1 VPLIV SPOLA NA PROSTORSKO PREDSTAVLJIVOST**

Kot lahko zasledimo v literaturi (Sorby, 2007; Sorby, 2009), imajo po nekaterih raziskavah moški boljšo prostorsko predstavljaljivost, medtem ko bi naj bile ženske boljše na področjih, kot so jezikovne spretnosti, finomotorika, zaznavanje hitrosti. Razlage, ki navajajo razlike med spoloma, temeljijo tako na vplivih okolja kot na vplivih genetskih dejavnikov.

Ena od razlag, zakaj pride do razlik pri prostorski predstavljaljivosti med spoloma (Gardner, 2010), temelji na evolucijskem faktorju. Primati, kamor spada tudi človek, so že od nekdaj živeli v skupnostih, kjer je bila potrebna diferenciacija opravil. Lov in iskanje hrane sta bila v domeni moških. Po lovu so se morali vračati domov, premagovati tudi večje razdalje, za kar pa je bilo pomembno, da so dobro dojel prostorske relacije. Prav tako je bilo dobro prostorsko razumevanje potrebno na lovu pri metanju kopja ali ciljanju s puščico. Tako se jim je sčasoma razvijala prostorska predstavljaljivost, saj so preživeli le osebk, kot je znano iz Darwinove razlage (Darwin, 2013), ki so se tem dejavnikom dobro prilagodili. Po drugi strani pa naj bi ženske zaradi druženja med seboj imele boljše jezikovne sposobnosti. Kljub temu da danes nekatere sposobnosti niso več potrebne, bi naj bile zakodirane v genih. So pa ta razmišljanja bolj ali manj domneve, saj takrat niso bila izvedena testiranja in verjetno ne bomo nikoli točno vedeli, zakaj je v evoluciji prišlo do razlik v razvoju med moškimi in ženskimi možgani (Kolb in Whishaw, 2014).

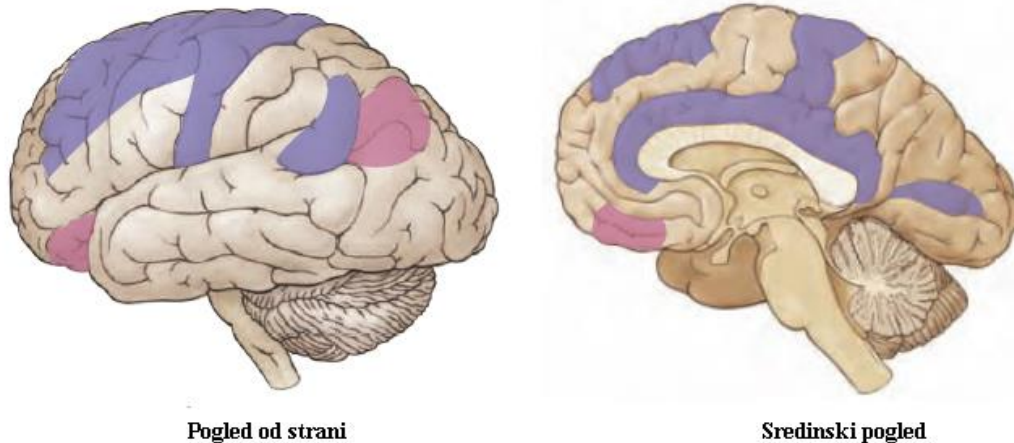
Pri večini sesalcev imajo sicer moški bolj agresivno vedenje, kar je povezano s hormonom androgenom, treba pa je poudariti, da so zadeve že nekoliko bolj negotove, kar se tiče prostorskih in jezikovnih zmožnosti. Če opazujemo evolucijo sesalcev, opazimo, da so samci obvladovali večji teritorij, kar bi lahko vplivalo na to, da imajo morebiti boljše prostorske predstave (Kolb in Whishaw, 2014).

Prav tako naj bi imele dobro prostorsko predstavljaljivost osebe, ki živijo v enoličnih pokrajinah (npr. Eskimi). Zaradi enolične okolice morajo biti pri orientaciji v prostoru pozorne na vsako najmanjšo podrobnost. Kleinfeld (1971) v svoji raziskavi ugotavlja, da imajo otroci Eskimi, stari med 9 in 16 let, boljši vizualni spomin kot njihovi vrstniki, ki živijo v urbanih naseljih.

McGee (1979) je ugotovil, da je prostorska predstavljaljivost dedna prek recesivnega gena na X-kromosomu. Medtem ko ima triindvajseti kromosomski par, ki določa spol, pri ženskah oznako XX, ima moški oznako XY. Če je ta gen recesiven, to vpliva bolj na moške kot na ženske. Po tej razlagi bi, v skladu z običajnimi ocenami, 50 % moških in 25 % žensk nosilo gen, ki izboljša prostorsko predstavljaljivost.

Obstajajo tudi razlage (Kolb in Whishaw, 2003), da bi lahko na prostorsko predstavljaljivost vplivali hormoni, kar pa bi se naj bolj odražalo pri odraslih kot otrocih, po tem ko pride do velikih hormonskih sprememb v času pubertete. Pri otrocih lahko nastopijo velike spremembe med obdobjem pred puberteto in v času pubertete. V pomoč določenim razlagam so bolniki s Turnerjevim sindromom, genetsko motnjo pri ženskah, ki imajo namesto običajnega kromosomskega para XX samo kromosom X. Njihove verbalne sposobnosti in splošna inteligentnost se lahko gibljeta v mejah povprečja, medtem ko na testih iz prostorske predstavljaljivosti dosegajo zelo slabe, podpovprečne rezultate. Te trditve pa so v nasprotju s hipotezo o recesivnem genu, ki predvideva, da bi ženske z enim kromosomom X morale imeti enake sposobnosti kot moški z enim kromosomom X. Ker ženske s Turnerjevim sindromom ne proizvajajo spolnih hormonov, lahko obstaja povezava s prej omenjeno slabo razvito prostorsko predstavljaljivostjo. Tako ugotavljajo, da naj bi raven androgena oziroma razmerje med androgenom (moškim spolnim hormonom) in estrogenom (ženskim spolnim hormonom) vplivalo na razumevanje prostorskih relacij. Nekateri raziskovalci ugotavljajo, da naj bi ženske, ki prejemajo androgene, imele boljše prostorske predstave. Pri moških, ki bi naj prejimali androgene, pa bi se zaradi prekomerne količine le-teh prostorska predstavljaljivost celo poslabšala. Glede na omenjeno bi naj boljšo prostorsko predstavljaljivost imeli moški z zmerno količino androgena in ženske s povečano količino androgena (Kolb in Whishaw, 2003).

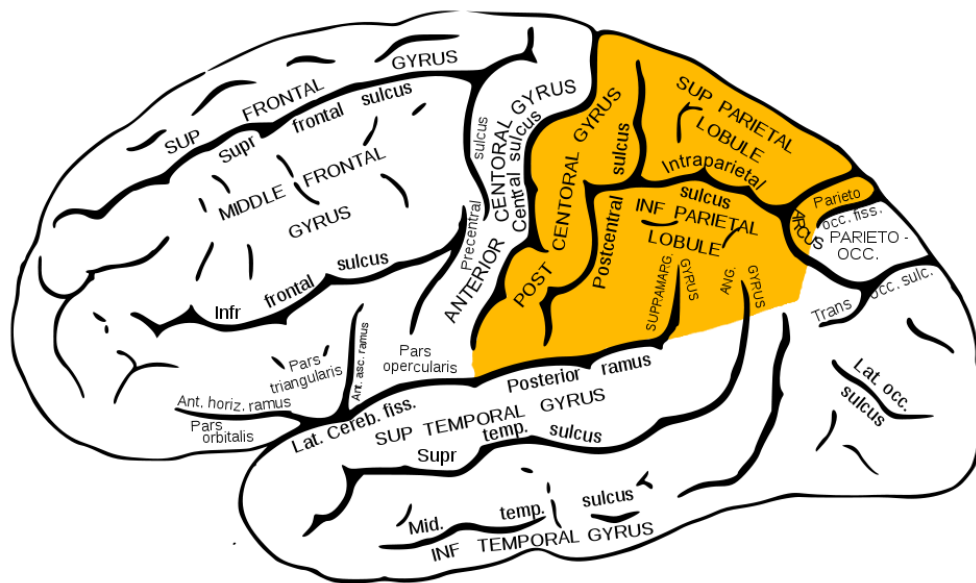
Hormoni (androgen, estrogen) lahko vplivajo (slika 6) tudi na posamezne dele možganov: na število nevronov v nekaterih predelih, povečujejo celično rast, povečajo ali zmanjšajo razvejanost dendritov, povečajo ali zmanjšajo dejavnost sinaps (Kolb in Whishaw, 2014).



**Slika 6:** Področja, povezana z razlikami v prostornini med androgenimi receptorji (roza barva) in estrogenimi receptorji (vijolična barva) (Kolb in Whishaw, 2014)

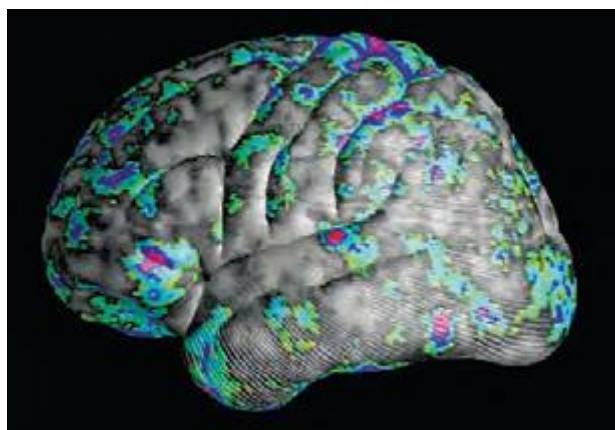
Dejavniki, na katere vplivajo hormoni, pa se nahajajo v možganih, verjetno v nevronskih mrežah, ki so sicer odgovorne za prostorsko predstavljenost. V zgodnjem življenjskem obdobju hormoni vplivajo na več dejavnikov oziroma nevronskih povezav in eden od teh je lahko tudi prostorska predstavljenost.

Moški in ženski možgani se razlikujejo tudi v anatomiji. Tako je pri moških desna hemisfera debelejša kot pri ženskah, kar bi lahko bil vzrok za boljšo prostorsko predstavljenost pri moških. Po drugi strani pa je leva hemisfera, ki je odgovorna za jezik, debelejša pri ženskah (Zaidi, 2010). Prav tako je bilo ugotovljeno, da je inferiorni parietalni lobus (slika 7) večji pri moških kot pri ženskah (Frederikse, Lu, Aylward, Barta in Pearlson, 1999). Natančneje, leva stran inferiornega parietalnega lobusa je pri moških večja kot pri ženskah. Pri ženskah je ravno obratno, vendar razlike niso tako velike kot pri moških. Raziskave (Sabbatini, 2000) so tudi pokazale, da ima desni inferiorni parietalni lobus povezavo z razumevanjem prostorskih odnosov in odnosov med posameznimi deli predmetov, levi pa s percepcijo časa in hitrosti in z miselnimi manipulacijami oziroma tudi rotacijami 3D-predmetov v možganih.



**Slika 7:** Inferiorni parietalni lobus ([http://en.wikipedia.org/wiki/Parietal\\_lobe](http://en.wikipedia.org/wiki/Parietal_lobe))

Funkcionalne raziskave (Gur idr., 1995) možganov s pozitronsko emisijsko tomografijo (PET) so pokazale razlike med spoloma pri metabolizmu možganov, zlasti v globalnem in regionalnem pretoku krvi in porabi glukoze. Omenjeno povečanje se je kazalo zlasti v levi hemisferi pri verbalnih nalogah in v desni hemisferi pri nalogah prostorske predstavljenosti. Med spoloma obstajajo tudi razlike v koncentraciji sivine (možganski korteks), kot je na primeru leve hemisfere prikazano na sliki 8. Ženske imajo povečano koncentracijo sivine v možganskem korteksu, ki je na MRI-posnetku prikazana barvno. Sive regije, prikazane na sliki 8, se med spoloma ne razlikujejo.



**Slika 8:** Koncentracija sivine (Kolb in Whishaw, 2014)

Kot je bilo ugotovljeno pri podganah, razlike lahko obstajajo tudi zaradi različne zgradbe nevronov v določenih delih možganov (Kolb in Stewart, 1991, povz. po Kolb, 2014). Nevroni na posameznih mestih v frontalnem delu možganov se razlikujejo po velikosti oziroma številu dendritov, kar prispeva k povečanemu številu sinaps v teh delih možganov.

Pri ženskah je corpus callosum proporcionalno večji kot pri moških (Rus Makovec, 2014), zato sta pri ženskah hemisferi bolje povezani. Za moške je značilna večja specializacija določenih veščin, vezanih na posamezno možgansko hemisfero.

## **2.4 STILI ZAZNAVANJA**

Ljudje zaznavamo svet okoli sebe s pomočjo čutil, ki sprejemajo dražljaje in jih preko živčnih celic pošiljajo v možgane, ki nam podajo odgovore. »Z izrazom stili spoznavanja označujemo razmeroma dosledne in trajne posebnosti posameznika v tem, kako sprejema, ohranja, predeluje in organizira informacije ter na njihovi osnovi rešuje probleme. Stil zaznavanja pa označuje zaznavni kanal – čutilo (vid, sluh, tip ...), ki mu posameznik daje prednost pri sprejemanju in notranji predstavitvi čutnih vtisov iz okolja« (Marentič Požarnik, 2000, str. 152).

Zaznavne kanale oziroma načine sprejemanja informacij lahko razdelimo po sistemu VAKOG (Marentič Požarnik, 2000):

- V – vizualni (vidni),
- A – avditivni (slušni),
- K – kinestetični (gibalni),
- O – olfaktorni (vohalni),
- G – gustatorni (okušalni).

Kot piše Marentič Požarnik (2000), sta čutili vonja in okusa pri učenju zelo redko vključeni. V tabeli 1 (Konda 2009; Marentič Požarnik, 2000) so prikazane primerjave dominantnih značilnosti posameznega zaznavnega tipa učenca.

**Tabela 1:** Primerjava značilnosti učencev posameznega zaznavnega stila (Konda 2009; Marentič Požarnik, 2000)

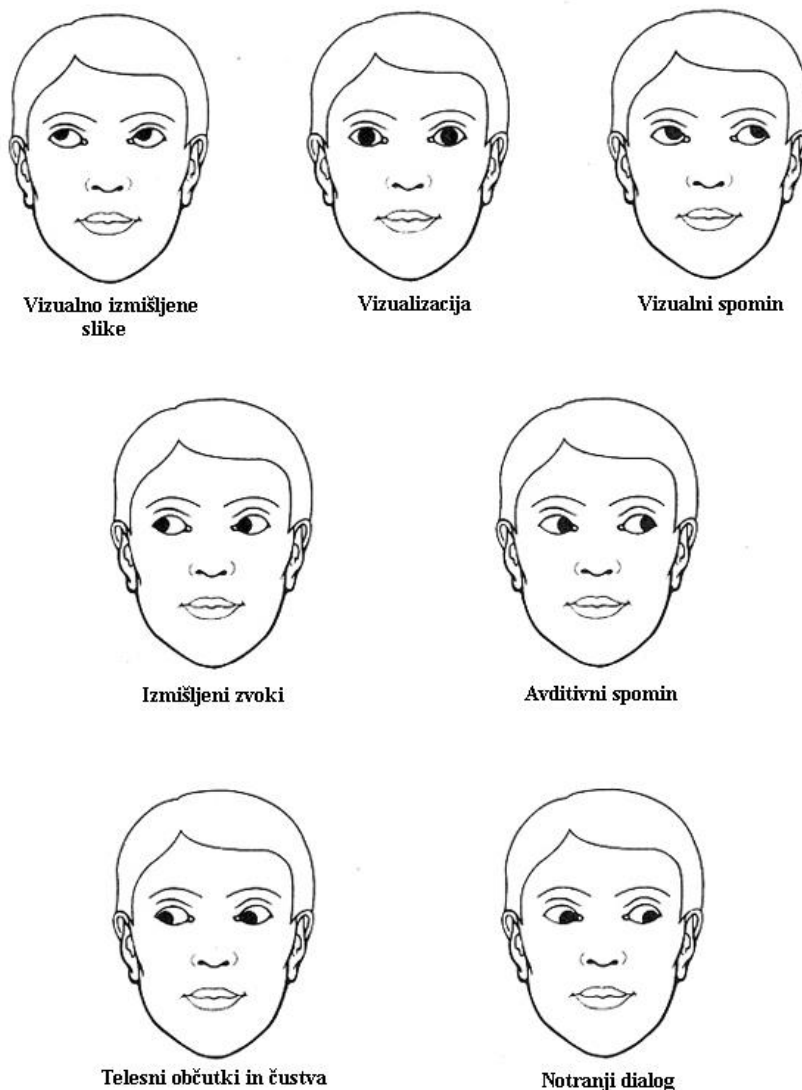
Vizualni	Kinestetični	Avditivni
<ul style="list-style-type: none"> <li>- organiziranost,</li> <li>- sistematičnost,</li> <li>- jasne predstave,</li> <li>- dober spomin,</li> <li>- urejenost,</li> <li>- hitro govorjenje,</li> <li>- pomnjenje slikovnega gradiva,</li> <li>- vizualizacija,</li> <li>- dolgočasenje med govorjenjem drugih,</li> <li>- dobro načrtovanje,</li> <li>- odgovarjanje na vprašanja z DA ali NE,</li> <li>- iskanje besed za opise,</li> <li>- slabo pomnjenje ustnih navodil.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dotikanje predmetov in ljudi,</li> <li>- gestikulacije,</li> <li>- pogostost gibanja,</li> <li>- pomnjenje med gibanjem,</li> <li>- pomnjenje celovitih izkušenj,</li> <li>- slabo pomnjenje podrobnosti,</li> <li>- počasno govorjenje,</li> <li>- pomembnejši občutek kot videz,</li> <li>- izkustveno učenje,</li> <li>- slabše berljiv ali neberljiv rokopis,</li> <li>- afiniteta do temnejših barv, mehkejših tkanin.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sodelovanje v razpravah, razgovorih,</li> <li>- premikanje ustnic pri branju,</li> <li>- glasno branje,</li> <li>- melodično govorjenje,</li> <li>- afiniteta do mirnega okolja,</li> <li>- pogovarjanje s samim seboj,</li> <li>- bogat besedni zaklad,</li> <li>- ritmično govorjenje,</li> <li>- komunikativnost,</li> <li>- pomnjenje pogovorov iz preteklosti,</li> <li>- afiniteta do glasbe,</li> <li>- dobro pomnjenje po korakih.</li> </ul>

Z opazovanjem premikov oči pri učencu, kar imenujemo lateralni očesni premiki (O'Connor in Seymour, 1996), lahko ugotovimo, kako prihajajo do podatkov. Pri gibanju oči se aktivirajo različni deli možganov in obstajajo povezave z zaznavnimi sistemi. Razlage posameznih premikov oči (slika 9) s primeri vprašanj in razlago miselnih manipulacij so prikazane v tabeli 2.

**Tabela 2:** Razlage premikov oči v določeni smeri s primeri vprašanj (O'Connor in Seymour, 1996)

Premik oči	Primer vprašanja	Miselna manipulacija
Desno navzgor	Kakšen bi bil videti voziček iz lesa, če bi namesto štirih koles uporabil dve?	Sestavljanje slike iz besed ali vizualizacija še nikoli videnega.
Ravno pred sebe	Kako boš zmodeliral predmet, ki ga vidiš v pravokotni projekciji?	Vizualizacija.
Levo navzgor	Kakšne barve je prvi izdelek, ki si ga izdelal v preteklem šolskem letu?	Vizualizacija preteklih izkušenj.
Vodoravno desno	Kako glasno bi bilo, če bi v šolski delavnici hkrati vklopili vse električne naprave in stroje?	Izmišljanje zvokov.
Vodoravno levo	Kateri delovni stroj v šolski delavnici povzroča največji hrup?	Priklic iz spomina, zvokov, ki se jih spomnimo.
Desno navzdol	Pomisli na vonj lepila.	Pristopanje k občutkom, čustvom.
Levo navzdol	Kaj si rečeš, ko ti gre kaj narobe?	Notranji dialog, pogovarjanje s samim seboj.

Pri navedenih vprašanjih gre za miselni proces, ne pa za dejanske odgovore na zastavljena vprašanja. Ta pravila bi naj veljala za desničarje, medtem ko bi naj pri večini levičarjev veljalo ravno nasprotno (O'Connor in Seymour, 1996).



**Slika 9:** Vzorci očesnih premikov, če gledamo drugo osebo (Fogg, 2010)

## 2.5 UČNI STILI IN HEMISFERIČNOST MOŽGANOV

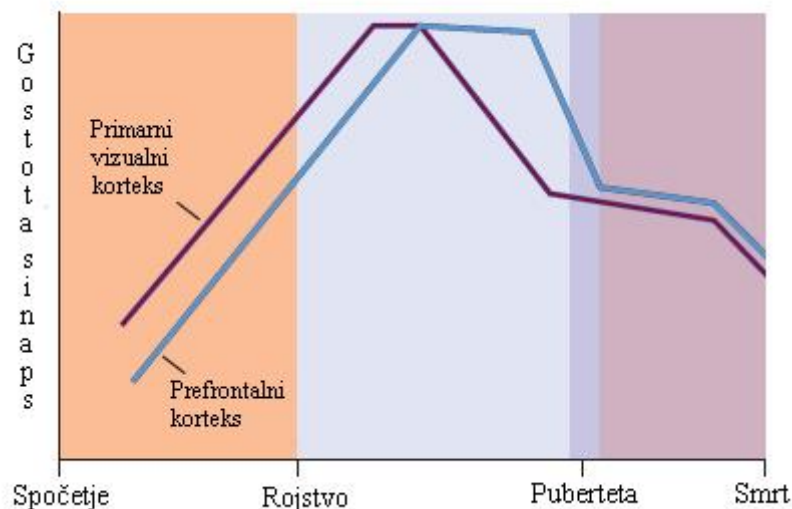
### 2.5.1 ZNAČILNOSTI MOŽGANOV IN HEMISFERNA LATERALIZACIJA

Možgani so organ z maso približno 1,4 kg. V osnovi jih delimo na dve hemisferi: levo in desno, ki ju loči »sredinska črta«. Sodelovanje med hemisferama poteka zaradi medsebojne komunikacije s pomočjo različnih povezav. Najdebelejši snop imenujemo corpus callosum, ki vsebuje od 200 do 250 milijonov živčnih vlaken. Kljub medsebojnemu sodelovanju pa sta hemisferi specializirani za izvajanje določenih procesov. Pri vizualni oceni se zdi, da sta hemisferi zrcalno simetrični, vendar si po obliki in velikosti nista povsem enaki, sta asimetrični. Možgani vsebujejo senzorična in motorična področja. Senzorična področja



prejemajo in obdelujejo informacije, ki so posledica zaznavanja s čutili. Desna hemisfera prejema dražljaje iz leve polovice telesa in nadzoruje mišice na levi strani telesa. Ravno obratno velja za levo hemisfero (Kolb in Whishaw, 2003; Bon, 2011).

Enega ključnih funkcionalnih dejavnikov v možganih predstavljajo sinapse, preko katerih poteka komunikacija med živčnimi celicami. Število sinaps v možganskem korteksu bi po nekaterih ocenah naj znašalo  $10^{14}$ . Sinapse se pričnejo tvoriti že pred rojstvom, s samim rojstvom in do časa pubertete pa se njihova gostota samo še povečuje (slika 10).



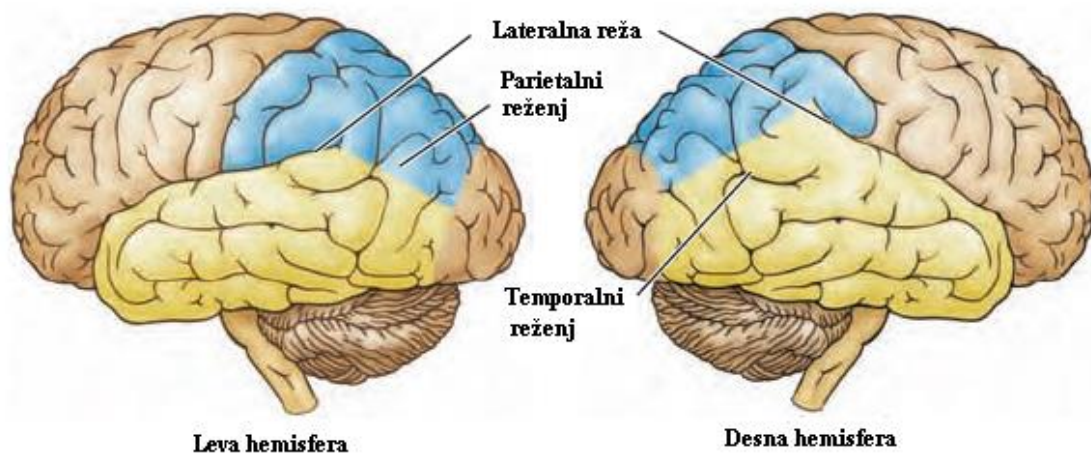
**Slika 10:** Gostota možganskih sinaps v različnih življenjskih obdobjih (Kolb in Whishaw, 2014)

Po rojstvu se možgani ne spreminjajo enakomerno. Najverjetneje se razvijajo zaradi rasti glia celic, prekrvavitve, mielina in sinaps, ne pa zaradi večjega števila nevronov. Število sinaps bi naj bila posledica adaptacije na okolje, zaradi česar lahko pride do individualnih razlik v razvojnem obdobju, kar pa je tudi eden od dejavnikov, ki jih Piaget ni upošteval pri razlagi kognitivnega razvoja otroka. Piaget je menil, da je kognitivni razvoj kontinuiran proces. Možgani se lahko na iste izkušnje, zlasti v času razvoja, pri različnih posameznikih odzivajo drugače. Prav tako lahko na razvoj možganov vplivajo hormoni, poškodbe in mutacije (Kolb in Whishaw, 2014).

Tomasi in Volkow (2012) sta v svoji raziskavi prišla do zaključka, da je laterizacija pri moških izražena bolj v desno kot pri ženskah.

Hkrati se je treba zavedati, da možgani predelujejo informacije, ki do nas prihajajo s pomočjo multisenzornih kanalov. Tako lahko predelajo več informacij hkrati (npr. če opazujemo psa, ki laja). Pri sledenju evolucionjskemu razvoju človeških možganov je bilo ugotovljeno, da so parietalne (temenske) asociacijske regije pri ljudeh precej večje kot pri ostalih primatih. Ta del pa je ključen za razumevanje kompleksnih prostorskih operacij (Kolb in Whishaw, 2014).

Med levo in desno hemisfero obstajajo tudi nekatere razlike v anatomski zgradbi (slika 11). Lateralna reža poteka po levi hemisferi po bolj ravnem delu možganov. Zato je posteriorni del desne hemisfere večji kot na levi strani, inferiorni parietalni del možganov pa je večji na levi hemisferi. Primarno avditorno in prostorsko področje je zato večje v desni hemisferi, medtem ko je sekundarno avditorno področje večje v levi hemisferi (Kolb in Whishaw, 2014).



**Slika 11:** Cerebralna asimetrija (Kolb in Whishaw, 2014)

Dominantnost desnega dela možganov za prostorsko razumevanje nam dokazuje tudi podatek, da večina ljudi pri branju Braillove pisave daje prednost levi roki, saj informacija tako potuje v desno hemisfero, kjer se nahaja primarno področje za prostorske zaznave (Kolb in Whishaw, 2014).

Povezava med levo in desno možgansko hemisfero in hemisferna lateralizacija sta bili dokazani z odkritjem (Kolb in Whishaw, 2014), pri katerem je bila pri osebi prekinjena povezava (corpus callosum) med obema hemisferama. Ko je oseba gledala sliko predmeta z levim očesom, ga je lahko tudi prijela z roko, ni pa ga mogla opisati z besedami. Ko pa je oseba gledala predmet z desnim očesom, ga ni mogla prijeti, lahko pa ga je opisala z

besedami. Kljub vsem podanim značilnostim pa so teorije o hemisferni dominanci še vedno nekoliko nezanesljive.

Ugotovljeno je bilo, da več prilagoditev, kot so lahko zrcalni nevroni, predstavlja pomembno vlogo pri nastanku edinstvenih funkcij pri človeku. »Zrcalni nevroni so vrsta možganskih celic, ki se odzivajo enako v primeru, ko izvedemo neko dejanje, in v primeru, ko opazujemo nekoga drugega izvesti enako dejanje« (Dimic, 2008).

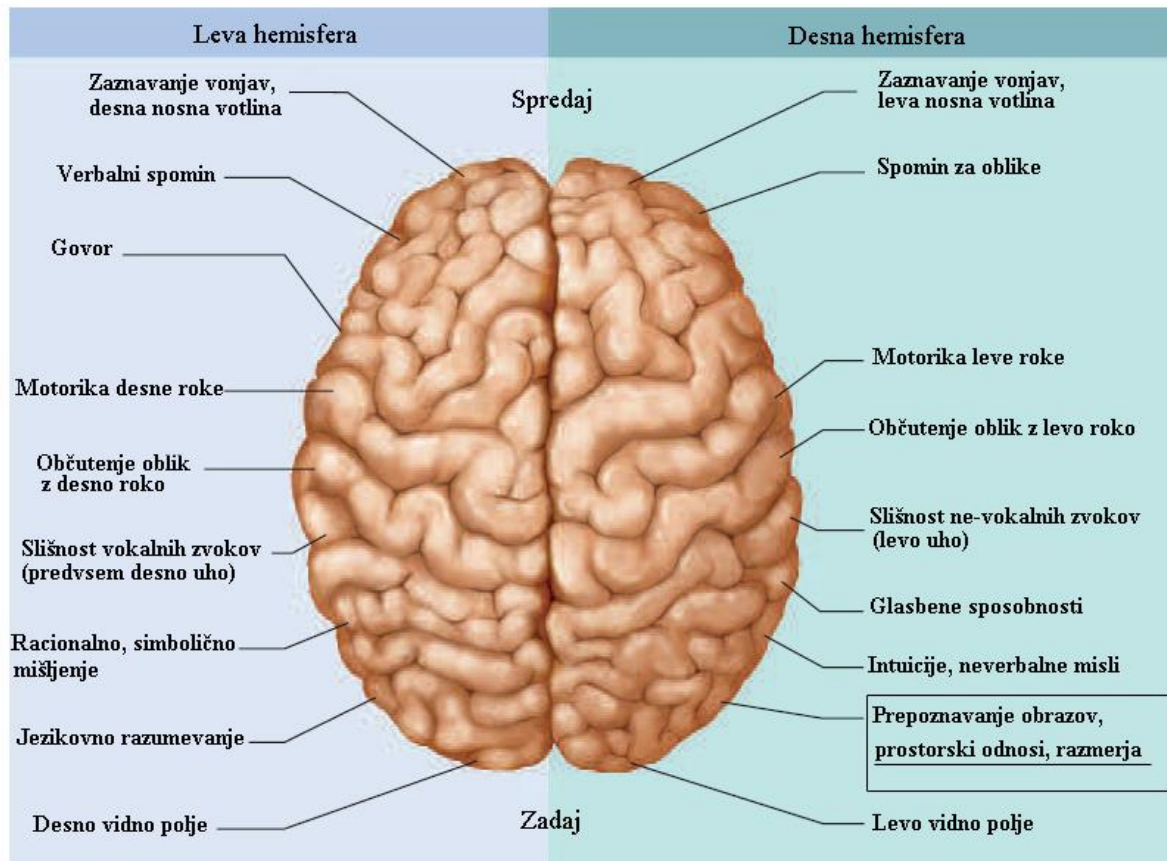
Kot ugotavlja Gardner (2010), lahko na podlagi analiz mnogih inteligenčnih testov zmožnost prostorskega predstavljanja in s tem prostorske inteligentnosti opredelimo kot eno od osnovnih oblik razuma. Po mnenju mnogih je prostorska inteligentnost tista, ki bi jo morali enakovredno postaviti ob bok jezikovni inteligentnosti. Omenjeni inteligentnosti bi naj bili osnovni pri shranjevanju podatkov in reševanju problemov. Zagovorniki te dvojne delitve postavljajo prostorski kod v desno možgansko poloblo, jezikovnega pa v levo. Dokaze o vezanosti prostorske inteligentnosti na desno možgansko poloblo nam dajejo klinične študije posameznikov zaradi možganskih okvar, poškodb ali kapi. Obstaja kar nekaj dokazov, da poškodbe v desni polobli možganov povzročijo težave pri vidnem zaznavanju, predstavah, orientaciji, branju zemljevidov, opazovanju predmetov pod nenavadnimi koti, prostorski predstavljivosti ipd. Čim večji je prizadeti del, tem večja je težava.

Znanstvenika Torsten Wiesel in David Hubel (1982, povz. po Barlow, 1982) sta raziskovala prehod vizualnih informacij od mrežnice do možganov. Ugotovila sta, da se sprožijo različni nevroni za zaznavanje določenih likovnih elementov v sistemu kontrastov. Tako bodo aktivni glede na naklon črte, ki jo oko zazna. Ker pri zaznavanju oblik in predmetov uporabljamo kontraste na robu same slike, lahko že po sami črti prepoznamo podobo. Naš vizualni zaznavni sistem tako dojame sliko, ki jo poveže z določenimi podobami v našem spominu.

Glede specializacije možganskih hemisfer obstajajo različne razlage. Po eni razlagi (Vitale, 2004) bi se naj do četrtega leta starosti možganski hemisferi razvijali simetrično. Šele po četrtem letu starosti bi naj prihajalo do specializacije. Vsaka stran možganov ima svoja močna področja v različnih kognitivnih funkcijah. Specializacija bi se naj zaključila do dopolnjenega petega leta starosti.

Po drugi razlagi (Vitale, 2004) se hemisferna dominacija, lateralizacija in funkcionalna specializacija, pojavita po rojstvu v določenih obdobjih. Posamezne specializirane funkcije bi se naj aktivirale, ko je otrok izpostavljen določenim dražljajem iz okolja. Lateralizacija ni

očitna, dokler se v celoti ne razvije corpus callosum med hemisferama, kar se zgodi med petim in šestim letom starosti. Specializacija in lateralizacija bi se naj popolnoma končali okrog devetega leta.



**Slika12:** Lateralizacija možganov (Saladin, 2009)

Tretja teorija (Vitale, 2004) govori o tem, da naj bi bile jezikovne funkcije razvite ob rojstvu, medtem ko se specializacija ostalih razvija postopoma in se konča v času pubertete.

Če strnemo vse tri razlage, bi lahko dejali, da lateralizacija in specializacija pri otroku potekata nekako v treh nivojih. Prvi je ob rojstvu oziroma ko otrok spregovori, drugi približno pri starosti petih let, ko razume simbolične reprezentacije in se odloči za dominacijo ene od rok, ter tretji nivo, ki poteka v času pubertete in se specializacija zaključuje.

Tudi ko sta specializacija in lateralizacija zaključeni, ne moremo dejati, da je pri določeni osebi popolnoma dominantna ena od možganskih hemisfer. Večinoma se značilnosti in načini sprejema informacij med seboj prepletajo. Ko govorimo o desnohemisfernem ali levohemisfernem tipu, ne mislimo, da je pri sprejemu in obdelavi informacij aktivna samo ena od hemisfer. Pri nekaterih osebah lahko ugotovimo, da je pri sprejemanju in obdelavi

informacij bolj ali manj v ospredju desna možganska hemisfera, pri drugih leva, spet pri tretjih pa ni zaznati bistvenih razlik. Pri vseh osebah brez možganskih poškodb ali okvar pa sta seveda v uporabi obe hemisferi (Vitale, 2004).

Po Barbari Meister Vitale (2004) lahko različne šolske aktivnosti učencev glede na prevlado ene od hemisfer razdelimo, kot je prikazano v tabeli 3.

**Tabela 3:** Aktivnosti glede na hemisferno dominacijo (Vitale, 2004)

<b>Leva hemisfera</b>	<b>Desna hemisfera</b>
rokopis	taktilno-kinestetična zavest
simboli	prostorski odnosi
jezik	oblike in vzorci
branje	matematična računanja
fonetika	občutljivost na barve
ugotavljanje dejstev	petje in glasba
govor, recitacije	likovno izražanje
sledenje navodilom	kreativnost
poslušanje	vizualizacija
slušne asociacije	občutki in emocije

Vsaka od možganskih hemisfer se specializira za različne načine zavesti. Pri vsaki osebi lahko obstajata dva ločena načina obdelave informacij, in kljub temu da obe hemisferi prejemata informacije iz okolja, jih obdelujeta ločeno. Lahko ugotovimo, da imata obe specializirane miselne karakteristike. Za levo hemisfero bi lahko dejali, da življenje dojema od delov do celote, medtem ko desna ravno nasprotno, torej od celote k posameznim delom. Desna ne deli, ampak obravnava zadeve holistično, torej kot celotno sliko.

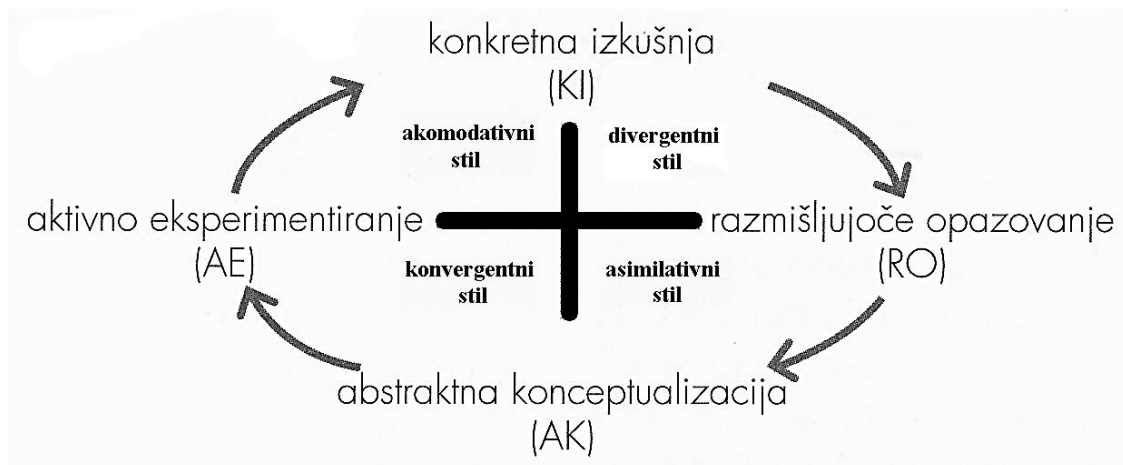
Po Barbari Meister Vitale (2004) lahko načine zavesti glede na aktivnost posamezne hemisfere delimo, kot je prikazano v tabeli 4.

**Tabela 4:** Načini zavesti glede na možgansko hemisfero (Vitale, 2004)

Leva hemisfera	Desna hemisfera
linearen	holističen
simboličen	konkreten
sukcesiven	naključen
logičen	intuitiven
verbalen	neverbalen
realen	sanjajoč
časoven	brezčasen
abstrakten	analogen

## 2.5.2 UČNI STILI GLEDE NA HEMISFERIČNOST MOŽGANOV

Svojevrsten model učnih stilov je razvil David Kolb (1984), ki gradi sistem na podlagi izkustvenega učenja, v katerem se znanje asimilira s pretvorbami posameznikovih izkušenj. Po njegovem je učenje ciklično oziroma multilinearen proces, v katerem se ves čas razrešuje napetost med dvema dimenzijama spoznavanja. Eno dimenzijo predstavlja pol dojetanja na osnovi izkušnje in razumevanja na podlagi abstraktno-logičnega razmišljanja. V drugi dimenziji pa pride do aktivnega delovanja v zunanjem svetu in introvertiranega razmišljujočega opazovanja.



**Slika 13:** Krog izkustvenega učenja po Kolbu (1984, povz. po Marentič Požarnik, Magajna in Peklaj, 1995)

Po Kolbu (1984) razlikujemo štiri učne stile: konvergentni, divergentni, asimilativni in akomodativni učni stil. Po tej definiciji bi lahko 3D-modeliranje umestili med divergentni in asimilativni učni stil. Za osebe s prevladujočim divergentnim učnim stilom je značilno kombiniranje izkušenj in opazovanja ter možnost gledanja na konkretne situacije iz različnih zornih kotov in povezovanje številnih odnosov v celoto. Dobro se znajdejo v situacijah, ki zahtevajo ustvarjanje novih idej. Asimilativni učni stil je značilen za abstraktno razmišljanje in premišljeno opazovanje. Največjo prednost lahko vidimo v induktivnem sklepanju in ustvarjanju teoretičnih modelov iz danih idej in opazovanj. Učenec jih zna povezati in asimilirati. Značilna je usmerjenost v ideje in abstraktne pojme, ki jih lahko presoja glede na logično zgradbo in točnost (Marentič Požarnik, Magajna in Peklaj, 1995).

Pri načinih in stilih spoznavanja je poznana tudi Rancourtova klasifikacija (Rancourt, 1988, povz. po Marentič Požarnik, Magajna in Peklaj, 1995, str. 109–115). Temelji na tem, kako ljudje sprejemamo, prenašamo, delimo, uporabljamo in konstruiramo znanje. Osnova Rancourtove klasifikacije so trije modusi spoznavanja: racionalni, empirični in noetični. Ta delitev bi naj bila posledica razmišljanja, da človek pridobiva informacije in znanje pretežno prek teh poti: s čutili (percepcija), z razumom (mišljenjem) in intuicijo (vpogledom). Rancourt meni, da njegova »klasifikacija zajema bolj temeljne dimenzije spoznavanja kot drugi učni in spoznavni stili, ki se omejujejo na posamezne fiziološko-psihološke, pedagoške ali socialne dimenzije« (Rancourt, 1988, povz. po Marentič Požarnik, Magajna in Peklaj, 1995, str. 110). Šlo bi naj za smisel, kako izluščimo ustrezne informacije in konstruiramo znanje iz množice informacij, ki nas nenehno obkrožajo. Torej človek ustvari nek filter, skozi katerega izbira, vrednoti in sprejema ali zavrača informacije, iz vsega tega pa nato ustvari znanje (Rancourt, 1988, povz. po Marentič Požarnik, Magajna in Peklaj, 1995, str. 110).

Za racionalni modus je značilno, da so izhodišča spoznavanja razmišljanje in ideje, ki jih primerjamo z novimi informacijami. To počnemo predvsem deduktivno, s sklepanjem. Posameznik se problema loti na skrben, premišljen, logičen način. Pri reševanju problema izhaja iz teorije s prepričanjem, da je svet predvidljiv, logičen, zasnovan na pravilih, ki jih je treba samo odkrivati po korakih. Na osebni ravni so razumski, vztrajni in ne želijo sklepati kompromisov. Ta modus je značilen za matematike in teoretične fizike. Za njih je pri pouku najpomembnejše, da vse poteka sistematično (Rancourt, 1988, povz. po Marentič Požarnik, Magajna in Peklaj, 1995, str. 111).

Za empirični modus je značilno, da izhodišča spoznavanja predstavljajo podatki, pridobljeni s čutili na podlagi opazovanj, merjenj in zbiranja. Ko je podatkov dovolj in so primerno obdelani, dobijo osnovo za ugotavljanje, kaj je resnično in uporabno. Prevladuje induktivno sklepanje na podlagi nabranih podatkov, s katerimi prihajajo do veljavnega znanja. Zanimajo jih predvsem podatki, pridobljeni z izkustvom, ne pa teoretični in abstraktni sistemi. Pri pouku cenijo laboratorijske in praktične vaje ter ostale dejavnosti, v katerih lahko aktivno sodelujejo. Osebe tega modusa najdemo med biologi, kemiki pa tudi med geografi in tehniki (Rancourt, 1988, povz. po Marentič Požarnik, Magajna in Peklaj, 1995, str. 111–112).

Noetični (metaforični) modus daje prednost intuitivnemu učenju oziroma pridobivanju znanj. Gre za osebno, čustveno obarvano izkušnjo oziroma subjektivno opazovanje pojavov. Pri tem načinu gre tudi za sklepanje, ki ga ne bi mogli opredeliti kot induktivno ali deduktivno, ampak bi ga lahko poimenovali analogno. Osebe intuitivno občutijo, da ima lahko problem več rešitev. Pojave opazujejo celostno in ne analitično. Zelo uspešni so pri vizualno-prostorskih nalogah, manj pri avditivnih in kinestetičnih. Njihovo razmišljanje je bolj divergentno kot konvergentno ter manj sistematično, ampak bolj naključno z miselnimi preskoki. Občasno so impulzivni in so dobri v umetniškem izražanju in improvizaciji. Rancourt povezuje svoje moduse z bolj znano klasifikacijo perceptivnih stilov, kjer bi naj bili racionalisti pretežno avditivni tipi, empiristi kinestetični in noetiki vizualno-prostorski (Rancourt, 1988, povz. po Marentič Požarnik, Magajna in Peklaj, 1995, str. 112).

Glede na možgansko hemisferičnost je Noel Entwistle (povz. po Marentič Požarnik, Magajna in Peklaj, 1995) skušal dokazati povezavo s predelavo informacij posameznikov. Vizualni učni stil bi se naj povezoval s celostnim učenjem in takšni posamezniki bi naj bili bolj nagnjeni k divergentnemu razmišljanju, medtem ko bi verbalno učenje naj bilo bolj analitično in nagnjeno h konvergentnim miselnim procesom. Za divergentno razmišljanje je značilna razpršitev idej, razmišljanje v več smereh, misli so usmerjene v stran od glavnega toka. To vrsto razmišljanja imajo kreativne osebe. Pri konvergentnem razmišljanju obstaja težnja k vnaprej pričakovani rešitvi. Tukaj gre bolj za gibanje naprej in nazaj med različnimi nivoji mišljenja. Osebe s tem načinom razmišljanja so lahko netolerantne do drugače mislečih. Kot je trdil Entwistle, so »osebe s celostnim učnim stilom bolj nagnjene k divergentnemu mišljenju, iz česar sledi, da uporabljajo širše konceptualne kategorije in so bolj pripravljene sprejemati vsebinske in analitične povezave med pojmi. Lahko so tudi bolj impulzivne. Osebe z zaporednim učnim stilom pa so pri svojih miselnih procesih bolj konvergentne, bolj



previdne, konservativne, analitične in pogosto zavračajo nekatere povezave, ker uporabljajo ozke kategorije« (povz. po Marentič Požarnik, Magajna in Peklaj, 1995, str. 171).

Entwistle (povz. po Marentič Požarnik, Magajna in Peklaj, 1995) je opisal dva učna stila, stil A in stil B, ki ju je povezal z nevrološko aktivnostjo možganov. Stil A je povezal z desno hemisfero, kjer prevladujejo divergentni procesi, medtem ko je stil B povezal z levo hemisfero, za katero so značilni bolj konvergentni procesi učenja oziroma razmišljanja. Na podlagi opisanih zaključkov je E. P. Torrance s sodelavci (povz. po Marentič Požarnik, Magajna in Peklaj, 1995) šel korak dlje. Stile učenja in razmišljanja so povezali s hemisferičnostjo in jih opredelili kot levohemisferične, desnohemisferične in integrativne, pri čemer učni stili ne pomenijo neposredne fiziološke aktivnosti v določeni hemisferi, ampak je ta povezava bolj posredna. Zavedati se je treba, da možgani delujejo kot celota in da sta pri mnogih procesih aktivni obe hemisferi, pri nekaterih pa je vseeno dominantna ena od obeh. Dominantnost leve hemisfere se kaže pri analitičnem, logičnem mišljenju oziroma pri jezikovnih in matematičnih funkcijah. Pri tem načinu učenja in razmišljanja se daje prednost verbalnim navodilom, razmišljanje je zaporedno in načrtno usmerjeno. Ta stil učenja prevladuje pri učencih s konvergentnim načinom razmišljanjem in z analitičnim reševanjem problemov. Desna hemisfera je značilna za sintezo. Dominantna je pri zaznavanju vidnega polja, prostorski predstavljivosti in tudi pri identifikaciji zvokov iz okolja ter glasbenih dražljajih in izražanju čustev. Pri učencih, kjer prevladuje ta način, so jezikovne sposobnosti pogosto omejene (Marentič Požarnik, Magajna in Peklaj, 1995). Za levohemisferne je značilno, da se lotijo opravil bolj linearno, radi delajo stvari po vrsti, pripravijo si sezname za opravila, uspešni so v procesiranju črk, znakov in simbolov, so realni, sledijo pravilom, se zavedajo posledic svojih dejanj, medtem ko se desnohemisferni lotijo stvari bolj naključno in skačejo od enega opravila do drugega, vezani so na resnična doživetja in izkušnje, manj so usmerjeni v realnost, imajo težave s prilagajanjem, so bolj kreativni in težijo k spreminjanju stvari (Bon, 2011). Pri integrativnem stilu učenja pa oseba ne daje prednosti ne vizualnim ne verbalnim načinom razmišljanja. Uči se lahko s pomočjo slikovnega ali besednega materiala, informacije lahko predeluje v vzorcih ali zaporedno (Marentič Požarnik, Magajna in Peklaj, 1995). Pri njih gre za fleksibilno uporabo obeh učnih stilov.

Reynolds, Kaltsounis in Torrance (1979, povz. po Marentič Požarnik, Magajna in Peklaj, 1995, str. 173–174) so glede na funkcije možganskih hemisfer opredelili levohemisferični in desnohemisferični učni stil. Povzetek izbora nekaterih razlik med obema učnima stiloma je prikazan v tabeli 5.

**Tabela 5:** Značilnosti levohemisfernih in desnohemisfernih oseb (Reynolds, Kaltsounis in Torrance, 1979, povz. po Marentič Požarnik, Magajna in Peklaj, 1995, str. 173–174)

<b>Levohemisferni</b>	<b>Desnohemisferni</b>
prepoznavanje in zapomnitev imen	prepoznavanje in zapomnitev obrazov
iskanje verbalnih navodil	iskanje vizualno-kinestetičnih navodil
dober zapomnitev besednega materiala	dober zvočni spomin
uporaba jezika pri učenju	uporaba predstav pri učenju
zaporedno predelovanje informacij	predelovanje informacij v vzorcih
odgovarjanje na pobude drugih	lastna aktivnost – iniciativnost
nagnjenost k določenim in natančnim načrtom	nagnjenost k improvizaciji
majhna uporaba metafor, analogij	velika uporaba metafor, analogij
kritičnost, analitičnost	kreativnost, sintetiziranje, asociativnost
uporaba logike pri reševanju problemov	intuitivnost pri reševanju problemov
dajanje prednosti dobro strukturiranim problemom	dajanje prednosti odprtim nalogam
iskanje dejstev in podatkov	iskanje smisla
nagnjenost k realizmu in izboljšanju obstoječega	nagnjenost k fantaziji, k odkrivanju novega
sistematično učenje	učenje z odkrivanjem
bolj razumski	bolj kreativni
uspešnost pri počasnem učenju	uspešnost pri naključnem učenju

### **2.5.3 UGOTAVLJANJE HEMISFERNE DOMINANTNOSTI**

Za ugotavljanje dominantnega razmišljanja ene od možganskih hemisfer obstajajo različni preizkusi in vprašalniki. V naši raziskavi je bil uporabljen vprašalnik »Tvoj stil učenja in razmišljanja – oblika A za otroke« (priloga 6), ki ga je priredila Cirila Peklaj (Marentič Požarnik, Magajna in Peklaj, 1995) in obstaja v slovenskem jeziku. Vprašalnik so leta 1979 sicer objavili Reynolds, Kaltsounis in Torrance in se v originalu imenuje »A Children's Form of Your Style of Learning and Thinking«.

Za ugotavljanje hemisferne dominancje so poznani še nekateri drugi načini, ki pa so lahko manj zanesljivi od omenjenega vprašalnika. Kot navaja Barbara Meister Vitale (2004), lahko učenčevu dominantno hemisfero odkrijemo na tri načine: z opazovanjem, s testi dominacij in z odprtimi vprašanji.

Tako so nam pri načinu opazovanja lahko v oporo nekatere trditve, ki so značilne za desnohemisfernega učenca:

- je pogosto zasanjan,
- izpušča besede ali dele besed,
- šteje s pomočjo prstov,
- ob robovih zvezka slika risbe,
- ima težave s sledenjem navodilom,
- uporablja obrazno mimiko in neverbalno komunikacijo,
- ima težave s fino motoriko,
- veliko časa je v gibanju,
- rad dela v stoječem položaju in izven svojega delovnega prostora,
- pogosto ime delovno mesto neurejeno,
- ima težave s časovno omejenimi nalogami,
- rad sestavlja in razstavlja,
- je impulziven,
- želi vplivati na ostale, da lahko ugotovi svojim željam in potrebam,
- lahko se mu zgodi, da pozabi, kaj je želel narediti, ko menja prostor,
- lahko pride do pravilnega odgovora, vendar ga včasih ne zna pojasniti,
- občasno daje pripombe, ki niso znak razprave,
- lahko je vodja.

Pri določanju, v katero skupino glede na aktivnost določene hemisfere bi lahko uvrstili posameznega učenca, si lahko pomagamo tudi s testi dominacij. Treba je poudariti, da je teste treba obravnavati v celoti in nam služijo kot pomoč pri klasifikaciji določenega učenca. Testi dominacij so lahko naslednji: dominantno oko, položaj roke, preizkus mišic, premiki oči in telesna simetrija.

Ko govorimo o dominantnem očesu, mislimo na »močnejše oko«, ki je po navadi nasprotno dominantni hemisferi. Če pri učenecu ugotovimo dominanco levega očesa, nam to kaže na dominanco desne hemisfere in obratno.

Hemisferno dominantnost učenca lahko ugotavljamo tudi z opazovanjem tehnike pisanja oziroma držanja pisala. Če učenec drži pisalo v ravnem položaju ter usmerjeno proti ramenu in z ravnim zapestjem, je pri njem najverjetneje dominantna leva hemisfera. Če ima zapestje ukrivljeno in drži pisalo vzporedno s telesom ali konico pisala usmerjeno proti telesu, je verjetno desnohemisferen.

Pri preizkusu mišic je način merjenja opazovanje relativne moči mišic glede na hemisferno dominacijo. Treba je izvesti preizkus obeh strani telesa (npr. leve in desne roke) ter primerjati moč mišic. Močnejša stran je navadno nasprotna dominantni hemisferi. Če ne moremo opredeliti močnejše strani, otrok najverjetneje približno enako uporablja obe hemisferi.

S hemisferno dominanco so lahko povezani tudi premiki oči. Če se aktivira ena od možganskih hemisfer, se oči premaknejo proti nasprotnemu delu telesa. Če je aktivna leva hemisfera, se oči obrnejo proti desni in obratno. Bolj zanesljiv pokazatelj je premikanje oči v stresnem stanju. Stres je običajno vzrok za aktiviranje dominantne hemisfere.

Opazovanje premikov oči lahko pomaga tudi pri identifikaciji učnega stila. Ker se avditivni center nahaja v levi hemisferi, nam premiki oči v desno nakazujejo na avditivni učni stil. Premiki oči na levo nam nakazuje na vizualni tip učenca oziroma desnohemisfernega. Nekateri učenci oči premikajo navzgor. To nam lahko nakazuje na kinestetični učni stil.

Zanimiv način ugotavlja dominantnosti možganske hemisfere nam predstavlja opazovanje telesne simetrije. Najpogosteje se telesna (ne)simetrija v vsakdanjem življenju ugotovi pri obujanju čevljev ali pri nakupu očal. V teh primerih se ugotavlja, da je lahko eno od stopal večje, eno od očes ali ušes pa nižje. Navadno je del telesa, ki je večji, nasproten dominantni hemisferi. Vse navedene dejavnike lahko ugotavljamo tudi pri otrocih.

Že Piaget je trdil, da lahko največ o otrocih izvemo z opazovanjem, s poslušanjem in z razgovorom. Tako lahko za ugotavljanje hemisferne dominace uporabimo metodo odprtih vprašanj. Okvirna vprašanja po Barbari Meister Vitale (2004) za razgovor so navedena v tabeli 6, lahko pa ga vodimo intuitivno. Zavedati se je treba, da je kognitivna organizacija vsakega otroka edinstvena, kar bi lahko primerjali s prstnim odtisom, zato se izogibamo stereotipnim vprašanjem. Pomembno je tudi, da vprašanja postavljamo na primerih, s katerimi ima učenec po navadi težave. V nadaljevanju je poleg vprašanj navedena tudi razlaga z dejavniki, na katere moramo biti pozorni pri učenčevih odgovorih. Odgovori nam nakažejo dominantno hemisfero in stil zaznavanja (vizualni, kinestetični, avditivni). Vizualna

modaliteta nam nakazuje dominantnost desne, avditivna na dominantnost leve hemisfere, pri kinestetični pa gre po navadi za dominantnost desne hemisfere ali za izmenjavo obeh.

**Tabela 6:** Primeri vprašanj za ugotavljanje hemisferne dominacije

Vprašanje	Razlaga
<p>Zamisli si sladoled z najljubšim okusom. Kje ga vidiš? (Predmet, ki ga otrok skuša vizualizirati, naj dobro pozna.)</p>	<p>Če otrok pokaže točko med očmi ali malo desno, gre za vizualnega učenca. Če pokaže na temenski del ali položi na glavo celo dlan, je verjetno kinestetik. Če ni sposoben vizualizacije, mu postavimo naslednje vprašanje, ki zahteva avditivno aktiviranje.</p>
<p>Zamisli si zvoke: svojo najljubšo pesem, petje ptic ali zvok valov, ki udarjajo ob obalo. Kje slišiš te zvoke?</p>	<p>Če otrok pokaže na levi del glave, je najverjetneje avditivni tip in posledično levo hemisferičen. Če pokaže isti del kot v primeru, ko je vizualiziral sladoled (oz. nek drug predmet), je verjetno vizualen tip. Nekateri učenci so lahko vizualni in avditivni tipi oziroma nimajo posebej izraženega stila sprejemanja informacij in lahko selektivno uporabljajo obe hemisferi. Ti učenci lahko pri obeh vprašanjih dajo odgovor, ki kaže na desnohemisferno (vprašanje 1) ali levohemisferno (vprašanje 2) dominacijo.</p>
<p>Kaj si včeraj zvečer jedel/-a za večerjo?</p>	<p>To vprašanje od učenca zahteva, da kombinira vizualizacijo in spomin. Nekateri učenci se ne bodo spomnili. V tem primeru naj vizualizirajo naslednjo prikazano situacijo.</p>

<p>Zapri oči in si zamisli kako sediš ob mizi. Vzemi vilice, zajemi nekaj hrane s krožnika in jo prinesi k ustom. Kaj je na tvojih vilicah?</p>	<p>Če se učenec spomni samo potem, ko se od njega zahteva, da vključi vizualizacijo premikov dela telesa, je verjetno kinestetičen tip. Pri teh učencih se velikokrat zgodi, da se nečesa ne morejo spomniti.</p>
<p>Si lahko zamisliš krog? (Vprašajte učenca, če si lahko predstavlja svojo okolico, oblike, barve, slike, številke, črke ali besede.)</p>	<p>Sposobnost vizualizacije nam pove, ali je učenec ponotranjil dotične kognitivne pojme. Na ta način ugotovimo, kako bomo določenemu učencu prikazali nove pojme.</p>
<p>(Prosimo učenca, da si zapomni številko 4.) Nariši, kar »vidiš«. Zdaj si zamisli štiri predmete. Kaj vidiš?</p>	<p>Odgovori na to vprašanje nam povedo, v kolikšni meri je učenec ponotranjil pojem številke. Ugotovimo lahko, ali si predstavlja točke, črte ali predmete iz okolice. Prav tako lahko ugotovimo, ali si predmete predstavlja v treh dimenzijah ali jih interpretira le kot like.</p>
<p>(Učencu pokažite njemu znano besedo.) Kako poznaš to besedo? Kako jo imaš shranjeno v spominu?</p>	<p>Odgovor nam poda informacijo, kako se učenec spomni določene besede, ali se je spomni avditivno ali jo ima vizualizirano. Nekateri učenci so vizualni, pa vendar se besede lahko spomnijo s pomočjo avditivnega ali kinestetičnega zaznavanja.</p>
<p>Kako si uspeš zapomniti določeno nalogo, ki jo od tebe v šoli zahteva učitelj/-ica?</p>	<p>To vprašanje nam poda odgovor, s katerim ugotovimo, kako učenec obdeluje določeno avditivno informacijo iz okolja. Nekateri otroci se težje spomnijo avditivno podanih navodil in potrebujejo vizualno predstavo, da si informacijo lahko zapomnijo.</p>

Kljub vsemu je treba nekatere od zgoraj omenjenih testov obravnavati z določeno mero pazljivosti, saj lahko na večino naštetih značilnosti vplivajo še mnogi drugi dejavniki.

## **2.6 KOGNITIVNI RAZVOJ S Poudarkom NA PROSTORSKI PREDSTAVLJIVOSTI**

### **2.6.1 RAVNI OTROKOVEGA MIŠLJENJA IN RAZUMEVANJA PROSTORA PO PIAGETU**

Že švicarski psiholog Jean Piaget (povz. po Labinowicz, 2010) je izvedel več raziskav razumevanja prostora pri otrocih. Piaget je pri opisu prostorskega razumevanja govoril o različnih stopnjah otrokovega razumevanja. Glede na posamezne odgovore pri intelektualnih nalogah je pri otrocih ugotovil določene vzorce, na podlagi katerih jih je razvrstil v štiri stopnje: zaznavno-gibalno (0–2 leti), predoperacionalno (2–7 let), stopnjo konkretnih operacij (7–11 let) in stopnjo formalnih operacij (11–15 let).

#### **Zaznavnogibalna stopnja**

Razvoj prostorskega zavedanja se prične že z novorojencem. V začetni fazi je otrokovo razmišljanje omejeno na prostor v njegovi bližini. Postopoma raziskuje predmete, ki so mu na doseg roke, in začne razvijati miselnost glede tega, kaj je blizu, zgoraj, spodaj, veliko, malo. Razvija si tudi prostor za gibanje, njegov svet se širi in razume koncepte, kot so tukaj, tam, znotraj, zunaj, okoli, pod. Sčasoma te pojme poveže z jezikom in jih uporablja za različne situacije. Korak naprej otrok stori v trenutku, ko shodi. Takrat se prične tudi gibalno orientirati v svojem okolju. Ob pomoči se nauči, kako se je možno vrniti na začetno točko. Kasneje se je na to točko sposoben vrniti tudi po kakšni drugi poti. Kljub tem gibalnim spremembam pa si otrok tega gibanja še ne more predstavljati v svojih mislih. Ob koncu prvega leta starosti tudi nekoliko spremeni pogled na svet, saj dojame, da obstajajo tudi predmeti izven njegove zaznave (Labinowicz, 2010; McNally, 1977).

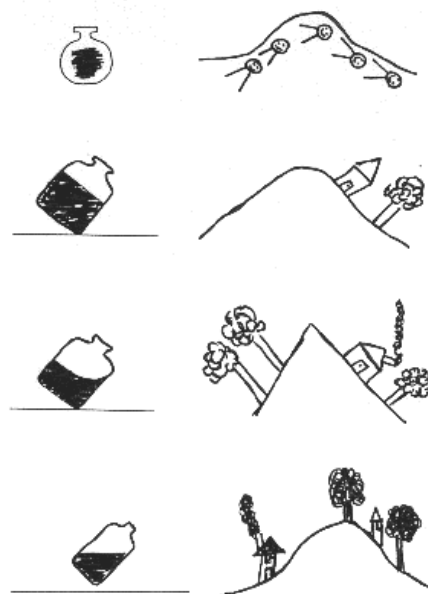
#### **Predoperacionalna stopnja**

Tako kot v zaznavnogibalni tudi na predoperacionalni stopnji otroci niso sposobni razumeti glediščne točke drugega človeka (egocentrizem). V predoperacionalni fazi si začnejo predstavljati prostorske razsežnosti skozi risanje in modeliranje. Pri risanju predstavlja zemljo in nebo kot dva ločena objekta brez vključitve horizonta. Pri tej starosti otrok še nima razvite projekcijske geometrije, torej si ne predstavlja druge strani nekega predmeta. Kljub vsemu pa otroci te starosti lahko sami premagajo krajše razdalje v prostoru, na primer pot do vrtca in nazaj. Svojo pot lahko predstavijo tudi z besedami, niso pa je zmožni prikazati na modelu. Pri miselnih operacijah, ki jih je treba transformirati na nek model, imajo težave pri

predstavljanju levo–desno, naprej–nazaj. Te predstave se sicer izboljšajo ob koncu predoperacionalne faze, vendar se še vedno pojavijo težave, če jim model zarotiramo za določen kot (Labinowicz, 2010; McNally, 1977).

### Stopnja konkretnih operacij

V starosti 4–9 let otrok postopoma prične z zaznavo in s predstavo predmetov iz drugih zornih kotov in vključuje možnost perspektive. Relacije med objekti ter upoštevanje vertikalnih in horizontalnih razmerij postanejo del otrokovega pogleda na svet. Tako je na primer otrok narisal risbo otrok, ki igrajo nogomet, in psa z enim očesom. Na vprašanje, zakaj ima na sliki pes eno samo oko, je odgovoril, da ima tudi drugo, vendar ga iz tega zornega kota ne vidimo. Otroci postopoma začne uporabljati ideje, povezane z evklidsko geometrijo, kot je razlikovanje med ravno in ukrivljeno linijo, specifične oblike, kot so kvadrati in krogi ter število kotov posameznega lika. Razvoj vertikalne in horizontalne koordinacije (McNally, 1977) pri posamezni starosti otrok med četrtem in desetim letom starosti je prikazan na sliki 14. Otroci so dobili nalogo, da narišejo tekočino v nagnjenem kozarcu ter ljudi ali drevesa na hribu (Labinowicz, 2010; McNally, 1977).



**Slika 14:** Razvoj vertikalne in horizontalne koordinacije (Rynhart, 2012)

Na sliki 14 vidimo, kako postopoma zori razumevanje vertikalne in horizontalne koordinacije glede na starost.



Na stopnji konkretnih operacij se egocentričnost hitro zmanjšuje in otroci že kažejo sposobnost vživeti se v glediščno točko nekoga drugega s pomočjo reverzibilnih miselnih operacij. Na tej stopnji že lahko govorimo o pojavu decentriranja, ko lahko otrok pove ali pokaže, kakšen bi bil videti predmet, če bi ga zasukali. Rotacija modela jih več ne bega. Sposobni so tudi rekonstrukcije modela določenega kraja. Na list papirja so že zmožni v pomanjšanem merilu narisati skico določenega prostora, v katerem so se gibali. Kljub temu pa se pri risanju omenjene skice pojavljajo naslednje težave: razdalje med predmeti niso v razmerju, velikosti niso usklajene, težko upošteva več odnosov ali spremembe na modelu (Labinowicz, 2010; McNally, 1977).

### **Stopnja formalnih operacij**

Na stopnji formalnih operacij se razumevanje prostorskih pojmov še naprej razvija do bolj zapletenih geometrijskih sistemov in prostorskih odnosov. Piaget je trdil, da perceptivni razvoj poteka glede na različni tip geometrije po sekvencah, topološko, projektivno, evklidsko. Na tej stopnji otrok razume pojem abstraktnih prostorov. Svojo glediščno točko pojmuje le kot eno izmed mogočih in šele zdaj je sposoben povezati svet oblikovnih predstav s propozicijskimi izjavami in sklepati o tem, kaj pomenijo različne oblike pretvorb. Načrte lahko riše v določenem merilu. V načrtu lahko z abstraktnimi miselnimi operacijami predstavi predmet, kar je možno z integracijo elementov. Prav tako je določen načrt zmožen interpretirati. Tako je pri tehniki in tehnologiji zmožen po načrtu, ki ga dobi v roke, izdelati tehnični predmet (Labinowicz, 2010; McNally, 1977).

V kognitivnem razvoju bi otroci po mnenju Piageta (povz. po Bakračević Vukman, 2000) naj bili na stopnji formalnolgičnega mišljenja od starosti 11 do 15 let. Za to stopnjo so v ospredju naslednje značilnosti:

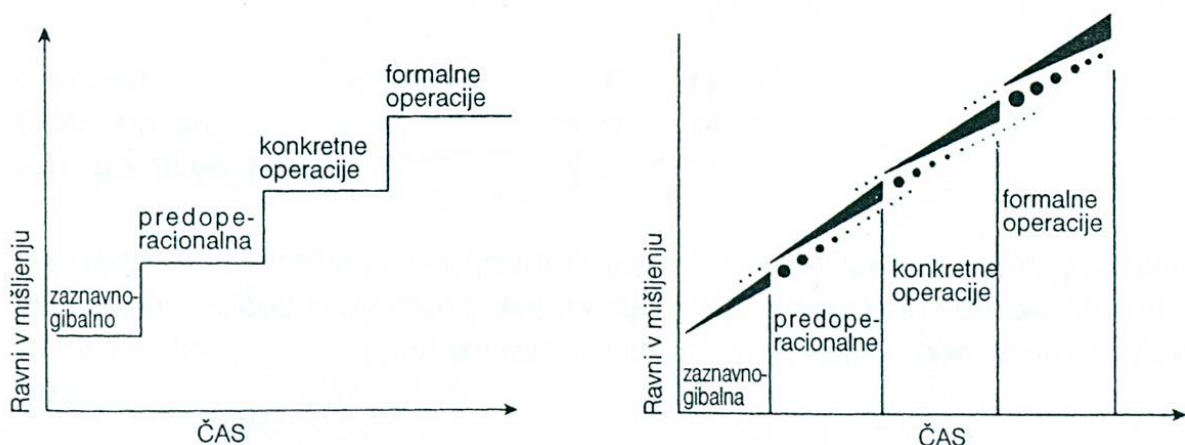
- transformacija mišljenja,
- uporaba hipotez,
- hipotetično – deduktivno mišljenje,
- reševanje problemov ne temelji več na poskusih in napakah, ampak na sistematičnem manipuliranju s hipotezami in eni variabli in konstantah,
- možnost kombinatorike,
- razumevanje proporcionalnosti in verjetnosti.

## 2.6.2 KRITIKA PIAGETOVE TEORIJE

Že v času svojega življenja se je Piaget srečeval s številnimi kritiki svojih idej. Kljub temu pa imajo njegove trditve glede prostorskega predstavljanja v razvoju otroka veliko uporabno vrednost.

Ena od kritik je ta, da njegova teorija ne pojasni, zakaj v razvoju sploh pride do prehoda med posameznimi stopnjami. Prav tako se kritike nanašajo na neupoštevanje individualnih razlik v kognitivnem razvoju. To pomeni, da posamezniki med fazami prehajajo različno hitro. Raziskave pa tudi kažejo, da se posamezniki lahko razlikujejo tudi pri prehodih na različnih področjih (npr. prostorskem) (Greenberg, 1987). »Niti dva otroka ne gresta po isti poti. Nekateri so si na daleč podobni. Vsak otrok je tako edinstven, tako izjemen« (Greenberg, 1987, str. 92).

Piaget je trdil, da otrok po zaporedju prehaja iz stopnje v stopnjo, lahko se razlikuje zgolj hitrost prehajanja. Tri četrtine otrok prehaja v naslednjo stopnjo pri (povprečnih) starostih, kot so bile navedene. Nekateri otroci dosežejo naslednjo stopnjo prej, spet drugi nekoliko kasneje. Na začetku so tisti, ki so preučevali delo Piageta, mislili, da prehod iz stopnje v stopnjo poteka po modelu stopnic ali pa so ga primerjali s popolno preobrazbo žuželke (jajčece, ličinka, buba, metulj), kjer pogloblitve spremembe nastanejo čez noč. Stopnje se v kontinuiranem razvoju prekrivajo, a čeprav je razvoj kontinuiran, se na vsaki od stopenj lahko pojavljajo diskontinuitete (Labinowicz, 2010).



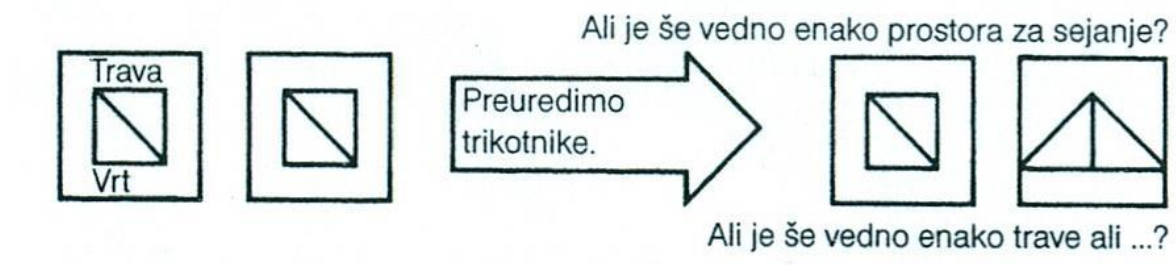
**Slika 15:** Razlike med modelom »stopnic« in prekrivanjem v kontinuiranem razvoju (Labinowicz, 2010)

Flavell (1979; povz. po Bakračević Vukman, 2000, str. 10) je menil, da za formalnologično mišljenje ne moremo trditi, da je karakteristično in univerzalno za starostno obdobje 11–15 let, prav tako bi naj bilo napredovanje skozi stadije bolj postopno in ne stopničasto (Flavell, 1985; povz. po Bakračević Vukman, 2000, str. 11), pomembne pa so tudi spremembe znotraj posameznih stadijev.

Po drugi strani pa naj ne bi doseglo formalnologičnega mišljenja celo mnogo odraslih (Kuhn, Langer, Kohlberg in Haan, 1977; Tomlinson-Keasey, 1972, povz. po Bakračević Vukman, 2000, str. 11).

Piaget je bil deležen kritike tudi glede nereprezentativnega vzorca, iz katerega je povzemal zaključke, predvsem v senzomotorični fazi. Ta se je nanašala predvsem na to, da je za začetni vzorec vzel svoje tri otroke, ki so imeli podobne genetske predispozicije in so odraščali v istem okolju (Siegel, 1993). Kasnejše raziskave so pokazale, da otroci tudi v obdobju 3–5 mesecev kažejo znake konstantnosti objekta (Bower, 1982; Ballargeon in Devos, 1991; Luo idr., 2003, povz. po Reić Ercegovac, 2012) in ne ob koncu drugega leta življenja, kakor je menil Piaget.

Piaget je tudi opredelil povprečno starost za sposobnost konzervacije (miselnega ohranjanja) glede na otrokov intelektualni razvoj. Pri tem gre za razumevanje prostora, ki je neodvisen od razporeditve dvodimenzionalnih elementov. Konzervacija prostora bi se naj po Piagetu pojavila med osmim in devetim letom starosti (Labinowicz, 2010). Nekateri avtorji (McGarrigle in Donaldson, 1974, povz. po Reić Ercegovac, 2012) pa so bili mnenja, da pri konzervaciji Piaget ni pravilno opredelil otrokove starosti, oziroma so menili, da se pojavi prej, kot je trdil Piaget. Naloga za konzervacijo prostora je prikazana na sliki 16.



**Slika 16:** Konzervacija prostora (Labinowicz, 2010)

Prav tako so kritiki menili (Carey, 1985, povz. po Reić Ercegovac, 2012), da animizem (pripisovanje lastnosti nežive narave živi naravi) izgine prej, kot je menil Piaget.

Eden glavnih nasprotnikov nekaterih Piagetovih idej je bil ruski psiholog Lev Vygotsky, ki je poudaril pomen kulturnega ozadja na razvojne stopnje otroka. Menil je, da so različne socialne interakcije med otrokom in starši ali učitelji ključ otrokovega razvoja. Otrokov kulturni razvoj pa se prične z obvladovanjem jezikovne manipulacije, ki mu v prvi fazi služi za socialne interakcije, kasneje pa za organizacijo individualnega vedenja (Žišt in Oblak, 2004).

Vygotsky je prišel do ugotovitve, da je celotna Piagetova teorija vezana na egocentričnost otroka, ki jo je Piaget definiral kot prehodni značaj in bi se naj nahajala med avtistično mislijo in usmerjenim mišljenjem. Avtistična misel je individualna. Pri njej gre za zadovoljevanje želja, medtem ko je zavestno mišljenje usmerjeno in teži k ugotavljanju resnice. Tako lahko potegnemo nekatere vzporednice z otrokovo egocentričnostjo. Piaget je menil, da je otrokova egocentričnost (avtistično mišljenje) prvobitna oblika, kar je Vygotsky izpodbijal, saj je trdil, da je prvobitna oblika praktično mišljenje, ki se prilagaja okoljskim dejavnikom. Piaget je kasneje odstopil od teze o egocentričnosti, vendar je ostal pri svojih trditvah glede tega, da se otrok pri določeni starosti v zaznavnogibalni in predoperacionalni stopnji ne more vživeti v glediščno točko drugega (Piciga, 1995). Kasneje sta Beaudichon in Bideaud (1977, povz. po Piciga, 1995, str. 143) menila, da je egocentričnost sicer bolj značilna za zgodnje otroštvo, vendar ni dominantna lastnost tega razvojnega obdobja.

### **2.6.3 NEOPIAGEISTI**

Neopiageisti so mnenja, da Piaget ni dovolj pojasnil osnovnih mehanizmov in individualnih razlik, ki vplivajo na prehode med posameznimi fazami otrokovega kognitivnega razvoja. Po teh teorijah so spremembe v mehanizmih za obdelavo informacij, kot so hitrost obdelave in delovni spomin, odgovorne za prehod iz ene faze v drugo. Hkrati obstajajo razlike v procesih, ki razložijo, zakaj se nekateri posamezniki razvijajo hitreje kot drugi (Demetriou, 1998).

Neopiageisti skušajo razložiti, kako nastanejo spremembe, kako otrok pride do višjih stopenj in zakaj se pojavljajo asinhronosti v razvoju ter zakaj se na isti razvojni stopnji zmožnosti otroka razlikujejo (Bakračević Vukman, 2000).

Po mnenju Pascual-Leona (1979, povz. po Bakračević Vukman, 2000, str. 12) lahko v kognitivnem sistemu določene osebe govorimo o treh operaterjih:

- L (learning) – operator učenja,
- F (field) – operator polja,
- M (mental space/mental energy) – operator mentalnega prostora.

Andreas Demetriou (v Demetriou in Raftopoulos, 2004) je imaginacijsko-spacialno zaznavanje razširil na stopnje, ki so prikazane v tabeli 7.

**Tabela 7:** Stopnje imaginacijsko-spacialnega zaznavanja po Demetriou (v Demetriou in Raftopoulos, 2004)

Starost v letih	Prostorsko (spacialno) zaznavanje
3–4	Predstavlja si zgolj celostne slike in predmete. Ti so lahko natančno opredeljeni, vendar s posameznimi deli predmeta ne more miselno manipularati neodvisno drug od drugega.
5–6	Slike in predmete lahko analizira po posameznih delih. Prostorske dimenzije in operacije ima zgrajene, lahko izvaja miselne rotacije.
7–8	Zmožnost fluentnih miselnih podob ter prostorske in slikovne miselne operacije. Lahko analizira in preoblikuje miselne slike ali predstave prostora.
9–10	Zmožnost predstav kompleksnih (sestavljenih) predmetov. Nima še zgrajenih predstav pri zaznavanju novih in neznanih slik in predmetov.
11–12	Zmožnost abstraktnih predstav slik in predmetov.
13 – 14	Kaže izvirnost pri tem, kako si predstavlja znane in neznane slike in predmete.
15–16	Zmožnost miselnih manipulacij pri tvorbi podob slik in predmetov. Oblikuje si estetske kriterije.

Zavedanje določenih kognitivnih procesov in postopkov se postopoma razvija v adolescenci. Vrsta študij Demetriouja (Demetriou in Efklides, 1989; Demetriou idr., 1993, povz. po

Bakračević Vukman, 2010) je pokazala, da diferenciacija med strategijami reševanja problemov in sklepanja, kot so matematično in prostorsko razmišljanje, nastopi v adolescenci. Adolescenti tudi pričnejo diferencirati na primer prostorsko in eksperimentalno ali matematično razmišljanje.

## 2.7 INTELIGENTNOST IN VEČVRSTNA INTELIGENTNOST

Ko govorimo o inteligentnosti, imamo v mislih, kako uspešno se znajdemo pri reševanju novih in zapletenih situacij. Inteligentnost se nanaša na individualne razlike med osebami. Skozi čas so se pojavljale tudi različne definicije inteligentnosti in segajo sto in več let nazaj, danes pa se bolj ali manj nanašajo na besede in besedne zveze: sposobnost, manipuliranje, znajti se v določeni situaciji, prilagajanje, abstraktno razmišljanje, sklepanje, razumevanje in podobno.

Kot piše Malešević (2010a), lahko definicije inteligentnosti klasificiramo v tri skupine: biološko, psihološko in operativno. Biološke so tiste, ki se nanašajo na prilagoditve okolju. Piaget (povz. po Malešević, 2010a) je menil, da inteligentnost ni dispozicija, ampak proces. Nekatere njegove definicije govorijo, da je inteligentnost »stanje doseženega ravnotežja, ko oseba ustrezno ravna s podatki, s katerimi je v stiku. Le-to pa ni statično, ampak dinamično, ker je govora o nenehni adaptaciji na dražljaje iz okolja« (Piaget, 1950, povz. po Malešević, 2010a, str. 7) ali da »inteligentnost vzpostavlja stanje ravnotežja« (Piaget, 1950, povz. po Malešević, 2010a, str. 7) ali »inteligentnost je adaptacija, katere funkcija je konstruirati celoten svet, tako kot organizem konstruira svojo neposredno okolico« (Piaget, 1963, povz. po Malešević, 2010a, str. 7). Psihološke definicije so vezane bolj na psihometrijo, pri kateri ugotavljamo ter primerjamo in razlikujemo inteligentnost med posameznimi osebami. Binet (1905, povz. po Malešević, 2010a, str. 7) je podal definicije, v katerih omenja, da »je videti, da je inteligentnost osnovna sposobnost, katere slabljenje ima velik vpliv na praktično življenje, /.../ sposobnost prilagoditi se okoliščinam, /.../ ustrezno oceniti, pravilno razumeti, pravilno zaključiti«. Malešević (2010a) povzema tudi definicijo Termana, ki pravi, da je »posameznik toliko inteligen, kolikor lahko abstraktno razmišlja« (Terman, 1921, povz. po Malešević, 2010a, str. 7) ali da je inteligentnost »/.../splošna sposobnost posameznika prilagoditi svoje razmišljanje novim pogojem, /.../splošna mentalna sposobnost prilagoditi se novim problemom in pogojem življenja /.../« (Stern, 1912, povz. po Malešević, 2010a, str. 7–8). Kasneje je Stern (1912, povz. po Šali, 1972, str. 8) svojo definicijo dopolnil z besedami, da »inteligentnost pomeni smotrno uporabo miselnih sredstev v prilagajanju teoretičnim in

praktičnim življenjskim nalogam«. Malešević (2010a) še navaja, da je inteligentnost »prirojena, splošna, kognitivna sposobnost« (Burt, 1955, povz. po Malešević, 2010a, str. 8) ali »je struktura ali splošna sposobnost posameznika delovati z namenom, racionalno razmišljati in učinkovito ukrepati s svojo okolico« (Wechsler, 1944, povz. po Malešević, 2010a, str. 8) ali se kaže kot »učinkovite, splošne kognitivne sposobnosti razumeti, primerjati odnose in zaključevati« (Vernon, 1969, povz. po Malešević, 2010a, str. 8). Po operativni definiciji bi naj bila inteligentnost tisto, kar merijo testi inteligentnosti, torej bi lahko dejali, da je definicij prav toliko, kolikor je različnih testov. Kot navaja Šali (1972), zasledimo še nekaj definicij inteligentnosti, ki govorijo, da »inteligentnost pomeni učinkovito vedenje v novih situacijah« (Wells, 1917, povz. po Šali, 1974, str. 8) ali da je »inteligentnost sposobnost učenja« (Buckingham, 1921, povz. po Šali, 1972, str. 8) ali da »je posameznik inteligen v tolikšni meri, kolikor je sposoben naučiti se prilagojenega vedenja« (Colvin, 1921, povz. po Šali, 1972, str. 8) ali da »je inteligentnost sposobnost učenja dejavnosti ali sposobnost oblikovanja novih, funkcionalno učinkovitih aktivnosti« (Freeman, 1940, povz. po Šali, 1972, str. 8). Ameriški psiholog Wechsler (1939 in 1944, povz. po Šali, 1972, str. 9), ki je sestavil tudi vrsto testov za merjenje inteligentnosti, opredeli inteligentnost kot »globalno ali sestavljeno sposobnost posameznika, da ravna smotrno, misli razumno in učinkovito obravnava svoje okolje«.

Skupina avtorjev (Chorney idr., 1998) je prišla do ugotovitve, da bi lahko obstajal gen za inteligentnost. Izvedli so raziskavo, v kateri so sodelovali otroci z nadpovprečnim inteligentnostnim količnikom kot eksperimentalna skupina in otroci s povprečnim inteligentnostnim količnikom kot kontrolna skupina. Raziskava je temeljila na proučevanju 6. kromosoma, ki je bil izbran zaradi nekaterih predhodnih ugotovitev. Na eni od oznak opazovanega kromosoma so ugotovili očitno odstopanje med eksperimentalno in kontrolno skupino. Ta razlika je bila opažena na genu IGF2R (insulin-like growth factor-2 receptor).

Britanski psiholog Charles Edward Spearman je v svojem delu »General Intelligence, Objectively Determined and Measured« (Spearman, 1904) zagovarjal enodimenzionalno inteligentnost. Menil je, da je za rezultat na testih odgovoren nek splošen inteligentnostni faktor, ki ga je imenoval g-faktor. Menil je, da je inteligenca biološko pogojena. Z otroki je izvajal faktorsko analizo na raznih testih in ugotovil, da imajo vsi testi nekaj skupnega (g-faktor) in nekaj specifičnega (s-faktor). Tako je sklepal, da oseba, ki dobro reši test iz aritmetike, dobro reši tudi test iz logičnega sklepanja ali prostorskih predstav. Menil je, da ima predvsem g-faktor vpliv na razlike med ljudmi (Spearman, 1904; Spearman, 1927).

Kasneje je Spearmanov študent Cyril L. Burt, ki se je sicer strinjal s Spearmanovo trditvijo o obstoju g-faktorja na vseh testih mentalnih sposobnosti, menil, da je dvofaktorski model preveč enostaven. Skupaj s Philipom E. Vernonom je razvil model, ki razen g-faktorja in posameznih s-faktorjev upošteva tudi skupinske faktorje. Vernon je model predstavil v delu »The Structure of Human Abilities« (Vernon, 1964). Postavil je hierarhični sistem, pri katerem je na vrh postavil Spearmanov (1904 in 1927) g-faktor. V svojem modelu se je navezal tudi na L. L. Thurstonea (Thurstone, 1931; Thurstone, 1935), katerega faktorje (r-faktor: rezoniranje, m-faktor: spomin, p-faktor: zaznava, s-faktor: prostorske operacije, n-faktor: števila, w-faktor: besedišče, v-faktor: besedno razumevanje) je postavil kot primarne in jih razdelil v dve skupini: v:ed – računski, besedni in jezikovni dosežki in k:m – prostorski in praktično mehanski dosežki. Hierarhično še nižje je uvrstil specifične faktorje glede na področje. Menil je, da je rezultat odvisen od vsote več faktorjev: generalnega, primarnih in specifičnih. Ameriški psiholog Louis Leon Thurstone je razvil teorijo primarnih mentalnih sposobnosti, v kateri je prostorsko zmožnost uvrstil med sedem osnovnih faktorjev razuma. Ob splošnih in specifičnih faktorjih naj bi določali uspeh pri posameznih testih. Thurstone, ki je inteligentnost opredelil kot »napredovanje na ravni poskusov in zmot v smeri abstraktne miselne kontrole« (Thurstone, 1923, povz. po Šali, 1972, str. 8), je prostorsko zmožnost razdelil na tri enote: zmožnost identifikacije predmeta, če ga gledamo iz različnih kotov, zmožnost predstavljati si fluentnost med deli določene konfiguracije in zmožnost razmišljanja o prostorskih odnosih, pri katerih je opazovalčeva telesna usmeritev bistveni del problema. Thurstonov analitični koncept sedmih faktorjev razuma vsebuje naslednje faktorje (Thurstone, 1931; Thurstone, 1935):

- verbalni faktor (v), pri katerem gre za razumevanje odnosov, ki so predstavljeni z besedami, ter ravnanje z besednim gradivom;
- besedišče (w), pri katerem opredeljuje spretnost v besednem izražanju in besedni fluentnosti ter razumevanje besednih in jezikovnih odnosov;
- numerični faktor (n), pri katerem gre za razumevanje odnosov, izraženih s številkami, za pomen količinskih odnosov, pravilno in hitro računanje ter predstave določenih razmerij;
- rezoniranje (r), pri katerem govorimo o logičnih in miselnih odnosih, sklepanju, abstrakcijah;
- spomin (m), pri katerem gre za zapomnitev gradiva oziroma pomnjenje;
- zaznavni faktor (p), ki je pomemben za hitro in natančno zaznavanje in hitro reagiranje;



- spacialni faktor (s), pri katerem gre za sposobnost prostorskega razumevanja oziroma razumevanja prostorskih odnosov.

Ameriški psiholog Howard Gardner (2010) se pri svoji teoriji o več inteligentnostih naslanja predvsem na Thurstona. Do inteligentnosti se ne opredeli kot enotne sposobnosti, ampak trdi, da moramo govoriti o več inteligentnostih. Prav tako trdi, da splošni testi inteligentnosti merijo samo jezikovno in logično-matematično inteligentnost. Najprej je do leta 1983 odkril sedem različnih inteligentnosti, leta 1995 pa je opredelil še osmo, naravoslovno.

**Tabela 8:** Vrste in značilnosti posameznih inteligentnosti po Gardnerju (2010)

<b>Vrsta inteligentnosti</b>	<b>Značilnosti</b>
Prostorska	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sposobnost zaznavanja okolja s prostorskega vidika</li> <li>- izvajanje miselnih manipulacij in transformacij</li> <li>- sposobnost vizualizacije</li> <li>- dobra orientacija</li> <li>- aktivnost desne možganske hemisfere</li> </ul>
Interpersonalna	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sposobnost odkrivanja razpoloženja drugih ljudi, njihovih želja, značajskih lastnosti ...</li> <li>- sposobnost sodelovanja</li> <li>- sposobnost dela z ljudmi</li> <li>- aktivnosti v čelnem režnju</li> </ul>
Intrapersonalna	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sposobnost kontrole lastnega vedenja</li> <li>- sposobnost ugotavljanja svojih sposobnosti, želja, pomanjkljivosti</li> <li>- samopoznavanje</li> <li>- aktivnost v čelnem režnju</li> </ul>
Telesno-gibalna	<ul style="list-style-type: none"> <li>- občutek obvladovanja telesa</li> <li>- motorične spretnosti</li> <li>- aktivnost leve hemisfere</li> </ul>

Jezikovna	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sposobnost tvorbe rim</li> <li>- občutljivost na različne funkcije jezika, pomen besed, določene izraze</li> <li>- aktivnost v levem senčnem (temporalnem) režnju – Brocov, Wernickejev center</li> </ul>
Logično-matematična	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sposobnost logičnega sklepanja</li> <li>- sposobnost razumevanja in manipulacij s simboli</li> <li>- sposobnost razlikovanja logičnih in številčnih vzorcev</li> <li>- aktivnost leve hemisfere (matematični znaki in simboli), leve in desne hemisfere (pojmi in odnosi) in desne hemisfere (geometrija)</li> </ul>
Glasbena	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ritmične in melodične sposobnosti</li> <li>- sposobnost analize različnih oblik glasbenega izražanja</li> <li>- sposobnost reproduciranja različnih glasov glede na ritem, višino in barvo tona</li> <li>- aktivnost desne možganske hemisfere</li> </ul>
Naravoslovna	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sposobnost sistematičnega opazovanja</li> <li>- sposobnost prepoznavanja in klasifikacije živali, rastlin, gliv, kamnin ...</li> <li>- sposobnost razlikovanja in razumevanja naravnih in umetnih sistemov</li> </ul>

V literaturi (Hoerr, Boggeman in Wallach, 2010) je zaslediti, da lahko prostorsko predstavljalivost izboljšamo z nekaterimi dejavnostmi (tabela 9) tudi pri učencih, pri katerih je bolj dominantna ena od ostalih inteligentnosti po Gardnerjevi klasifikaciji.

**Tabela 9:** Posamezne dejavnosti za izboljšanje prostorske predstavljalivosti glede na dominantnost ene od inteligentnosti (Hoerr, Boggeman in Wallach, 2010)

<b>Vrsta inteligentnosti po Gardnerju</b>	<b>Dejavnosti</b>
Interpersonalna	<ul style="list-style-type: none"> <li>- risanje fresk</li> <li>- izdelava kolažev</li> <li>- plesne koreografije</li> <li>- izdelava in uporaba prstnih lutk</li> <li>- delo v skupini</li> <li>- socialne igre z zavezanimi očmi</li> </ul>
Intrapersonalna	<ul style="list-style-type: none"> <li>- oblikovanje kostumov</li> <li>- poznavanje telesa</li> <li>- arhitektura prostorov in tlorisi</li> <li>- oblikovanje diorame</li> <li>- oblikovanje lastnega življenjskega okolja</li> </ul>
Telesno-gibalna	<ul style="list-style-type: none"> <li>- gradnje in manipulacije s konstrukcijskimi sestavljanjkami</li> <li>- risanje in slikanje z različnimi pripomočki</li> <li>- izdelava izdelkov iz različnih materialov</li> <li>- orientacijski tek</li> <li>- igre vlog</li> <li>- konstruiranje modelov</li> </ul>
Jezikovna	<ul style="list-style-type: none"> <li>- izdelava pojmovnih map</li> <li>- izdelava stripov</li> <li>- izdelava plakatov</li> <li>- izdelava miselnih vzorcev</li> <li>- izdelava plakatov</li> </ul>
Logično-matematična	<ul style="list-style-type: none"> <li>- reševanje sestavljanek (puzzle)</li> <li>- reševanje labirintov</li> <li>- sestavljanje geometrijskih likov z matematičnimi sestavljanjkami</li> <li>- risanje grafov in grafikonov</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- izdelava modelov v določenem merilu</li> <li>- izdelava geometrijskih teles</li> <li>- risanje zemljevidov</li> <li>- izdelava časovnih trakov</li> <li>- igranje šaha, dame in ostalih strateških iger</li> </ul>
Glasbena	<ul style="list-style-type: none"> <li>- prikaz orkestra z uporabo papirnatih modelov</li> <li>- izdelava načrta v tlorisu simfoničnega orkestra</li> <li>- učenje plesa</li> <li>- izdelava notnega zapisa</li> <li>- izdelava glasbil</li> </ul>
Naravoslovna	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ustvarjanje videa na temo narave</li> <li>- makrofotografija</li> <li>- opazovanje pod mikroskopom in risanje skic videnega</li> <li>- izdelava plakatov z naravoslovno tematiko</li> <li>- izdelava računalniških projekcij z naravoslovno tematiko</li> <li>- izdelava tridimenzionalnih odtisov listov, lupin školjk, hišic polžev ...</li> </ul>

Kot lahko razberemo, sta tako prostorska kot glasbena inteligentnost vezani na desno možgansko hemisfero, iz česar lahko sklepamo, da so morda prostorske in glasbene sposobnosti posameznika povezane. Psiholog Lauren Harris (1978, povz. po Gardner, 2010) je ugotavljal, da je pri skladateljih pomembna tudi prostorska predstavljalnost, ko so v fazi zamišljanja, doživljanja ali popravljanja zapletene skladbe. Glede na opisano je sklepal, da je to razlog tako majhnega števila žensk med skladatelji, saj bi naj imele slabše razvito prostorsko predstavljalnost.

Zanimivo trditev o povezanosti prostorske predstavljalnosti z glasbenimi zmožnostmi je podal ameriški fizik Arthur Lintgen (povz. po Holland, 1981), ki trdi, da je glasbeno delo možno

prepoznati s proučevanjem zarez na gramofonski plošči. Svoje trditve utemeljuje z dejstvom, da so zareze na gramofonskih ploščah različno oblikovane oziroma odvisne od frekvence in dinamike same glasbe. Glasni odlomki bi naj svetlobo drugače odsevali, in sicer srebrnkasto, in so bolj nazobčani, medtem ko bi naj tišji deli bili temnejši oziroma črni.

Kar nekaj raziskovalcev, med ostalimi tudi Katarina Habe (2006), je raziskovalo povezanost Mozartove glasbe z njeno prostorsko predstavljenostjo oziroma njenim napredkom. Na vzorcu 315 študentov (Habe, 2006) je bil potrjen Mozartov učinek pri reševanju testa prostorsko-časovnega sklepanja. Ugotovljeno je bilo tudi, da učinek ni odvisen od spola in predhodne glasbene izobrazbe, je pa izrazitejši pri tistih z nižjim IQ. Kot navaja Habe (2006), je v literaturi moč zaslediti nekatere predpostavke, zaradi katerih bi naj Mozartova sonata za dva za klavir v D-duru K.448 vplivala na reševanje testa prostorske predstavljenosti: Mozartova sonata je odslikava dovršenih simetričnih vzorcev, ki bi naj bili pomembni za časovno-prostorsko sklepanje (Leng in Shaw, 1991, povz. po Habe, 2006), Mozartova sonata naj bi vsebovala visoke frekvence, na katere bi se naj človek najbolj odzival (Tomatis, 1991, povz. po Habe, 2006), Mozartova sonata ima v primerjavi z ostalimi skladbami dolgoročno periodičnost, ki bi naj bila povezana s kodiranjem v možganih (Huges in Fino, 2000, povz. po Habe, 2006).

Parsons (1996, povz. po Svetličić, 2004) je v svoji raziskavi ugotovil, da samo 10 minut poslušanja variabilnega ritma lahko pri otrocih izboljša prostorsko predstavljenost za 15 % glede na otroke, ki so bili v tišini ali izpostavljeni enostavni melodiji ali kontinuiranemu tonu.

V literaturi (Guilford, 1967, povz. po Kolb in Whishaw, 2014) zasledimo definicije konvergentne in divergentne inteligentnosti in definicije opredelitve inteligentnosti A (genetski faktor) in inteligentnosti B (vpliv okolja) (Hebb, 1980, povz. po Kolb in Whishaw, 2014). Pod vplivom okolja lahko razumemo izkušnje, ki vplivajo na strukturo možganskih celic in sinaptično organizacijo. Tako lahko posameznik z določenimi dejavnostmi svojo inteligentnost izboljša ali nasprotno, s pasivnostjo poslabša. Pri razvitosti inteligentnosti bi naj ključno vlogo igrale sinapse oziroma bi lahko bila njihova organizacija tudi epigenetska (vpliv okolja na izražanje posameznih genov).

## 2.8 TESTI INTELIGENTNOSTI IN PROSTORSKE PREDSTAVLJIVOSTI

### 2.8.1 ZGODOVINSKI RAZVOJ TESTOV INTELIGENTNOSTI S Poudarkom NA PROSTORSKI PREDSTAVLJIVOSTI

Začetki testiranja inteligentnosti segajo v začetek 20. stoletja, natančneje v leto 1904, ko sta francoski psiholog Alfred Binet in Theodore Simon (1916) izdelala prvi test za merjenje inteligentnosti na pobudo vlade, ki je določila, da morajo vsi otroci obiskovati šolo. S testom bi naj prišli do načina prepoznavanja otrok, ki potrebujejo strokovno pomoč. Vseboval je sklop nalog, ki niso bile del šolskega znanja.

S testom so primerjali rezultate otrok različnih starostnih skupin. Kot osnova so jim služili rezultati petih skupin povprečnih otrok različnih starosti. Pri analizi rezultatov posameznega otroka so primerjali njegov rezultat z rezultati otrok v določeni starostni skupini. Tako so otroka lahko opredelili kot povprečnega v svoji starostni skupini, podpovprečnega ali nadpovprečnega. Pri posameznem otroku so ugotavljali njegovo mentalno starost v primerjavi s kronološko. Test so sestavljale različne naloge, se je pa tudi sam Binet zavedal, da ima določene pomanjkljivosti (Malešević, 2010b). Bil je prepričan, da tudi okolje vpliva na razvoj inteligentnosti otroka, zato je menil, da bi test, če bi želeli primerjati rezultate posameznih otrok, morali uporabljati med otroki, ki so izpostavljeni enakim vplivom okolja. Prav tako je menil, da je inteligentnost preširok pojem, ki bi ga lahko omejili z eno samo številko (Kamin, 1995).

Binet-Simonov test je bil prvič objavljen leta 1905 v francoski reviji *L'Année Psychologique*. Vključuje 30 različnih sklopov, od vizualnih opazovanj in spominskih nalog do verbalnih sposobnosti in razumevanja abstraktnih pojmov. V testu sicer ni nalog rotacij likov ali predmetov, zasledimo pa vizualne naloge, pri katerih opazimo, da je bilo za reševanje potrebno razumevanje velikosti predmetov in prostorskih relacij. Izpostavil bi naslednje naloge, pri katerih lahko opazimo elemente za potrditev navedene trditve.

**Naloga 2:** Dojemanje, izzvano s taktilno spodbudo (Binet in Simon, 1916)

Namen te naloge je raziskati, ali obstaja koordinacija med taktilno spodbudo roke in premikom predmeta v usta. Otrok mora pri tej nalogi akceptirati velikost samega predmeta, paziti, da mu ne pade na tla, in ga prenesti v usta.

**Naloga 3:** Dojemanje, izzvano z vizualno percepcijo (Binet in Simon, 1916)

Pri tej nalogi gre za ugotavljanje povezav med vizualnim zaznavanjem predmeta in njegovim dojemanjem, ko ni v neposrednem taktilnem stiku. Pri tej nalogi otrok predmet vidi in je znotraj dosega njegove roke z namenom, da ga vzame. Tukaj lahko razumemo, da sta avtorja želela preizkusiti otrokovo dojemanje prostora v njegovi neposredni bližini. Torej, ali otrok z ustreznim gibom seže po predmetu, ga zgrabi in nese proti ustom. Izpraševalec pri tem otroka verbalno usmerja.

**Naloga 10:** Primerjava dveh črt različnih dolžin (Binet in Simon, 1916)

Kot že ime pove, otrok pri tem preizkusu ugotavlja, katera od dveh črt je krajša oziroma daljša. Vizualno zaznane slike dveh črt mora otrok v mislih skupaj primerjati ter določiti, katera je krajša (ali daljša). Pri tej nalogi otroku zaporedoma prikazujemo tri kose papirja, na katerih sta po dve črti, ki bi jih naj primerjal. Vsak kos papirja ima mere 15 x 20 cm, črte so narisane vzdolžno in razmaknjene 5 mm. Črti sta dolgi 4 cm in 3 cm ter široki 0,5 mm. Na prvem papirju je daljša črta na desni, na preostalih dveh pa na levi.

**Naloga 17:** Vizualni spomin (Binet in Simon, 1916)

Pri tej nalogi gre za zaporedno prikazovanje 13 slik velikosti 6 x 6 cm otroku v tridesetih sekundah, ki bi si jih naj z vizualno percepcijo zapomnil v čim večjem številu.

**Naloga 18:** Risanje skice po spominu (Binet in Simon, 1916)

Namen testa je preizkušanje vizualnega spomina, pozornosti in analize. Pri tej nalogi otroku pokažemo dve skici za 10 sekund, ki jih nato po spominu skuša skicirati sam. Čas lahko pri nadaljnjih prikazovanjih tudi skrajšamo.

**Naloga 21:** Primerjava dolžin (Binet in Simon, 1916)

Pri tem testu otroku prikazujemo serijo črt v parih. Ena črta v posameznem paru je dolga 30 mm, druga pa variira med 31 mm in 35 mm. Črte so narisane v praznem zvezku (knjigi) velikosti 15 x 30 cm. Na vsaki strani zvezka sta samo dve črti. Črti se razprostirata v isti smeri in sta razmaknjeni 5 mm. Daljša črta se na vsaki strani pojavlja izmenično levo in desno. Črt je 15 parov. Otrok ugotavlja, katera črta je daljša. Poskus lahko nadaljujemo s pari daljših črt. Pri teh parih meri krajša od obeh črt 100 mm, daljša pa med 101 mm in 103 mm. Teh parov je 12.

**Naloga 28:** Menjava kazalcev na uri (Binet in Simon, 1916)

Test preverja sklepanje, pozornost in vizualno predstavljanje. Pri tem preizkusu mora otrok poznati na uro (s kazalci). Otroku povemo določen čas, pri katerem daljši kazalec pomeni minute, krajši pa ure. Nato mu rečemo, naj si zamisli in pove, koliko bi bila ura, če bi kazalca pri prej določenemu času zamenjali. Nalogo lahko dvignemo na višji nivo, kjer lahko v nadaljevanju otrok pove, katere kombinacije oziroma menjave niso možne in zakaj.

**Naloga 29:** Rezanje papirja (Binet in Simon, 1916)

Pri tem testu potrebujemo dva enaka kosa papirja. En kos papirja položimo na mizo pred otroka, drugega pa prepognemo na pol, tako da dobimo dve enaki polovici. Nato prepognjeni list še enkrat prepognemo, da je zložen na štiri enake dele. Na vogalu lista s škarjami odrežemo trikotnik. To storimo na tistem vogalu, pri katerem bi ob morebitni razgrnitvi nastala luknja. Otroku rečemo, naj na list papirja nariše, kakšen bi bil videti prepognjeni list, če bi ga razgrnili.

Pri nekaterih od zgoraj opisanih testov lahko opazimo, da so predstavljali osnovo kasnejšim specializiranim testom iz prostorski predstavljalnosti, ki so opisani v nadaljevanju. Binet-Simonov test je v začetku požel zanimanje ameriškega psihologa Lewis Termana na Stanfordski univerzi, kjer so ga leta 1916 preimenovali v Stanford-Binetov test, in je kasneje doživel več revizij ter se z nekaterimi korekcijami uporablja še danes.

V tabeli 10 so prikazane struktura testa in revizije, ki jih je skozi leta doživljal Stanford-Binetov test (Becker, 2003). V letu 1986 so bili rezultati testa podani s številčno lestvico. Pred tem so bili rezultati od Bineta naprej prikazani s starostno lestvico, pri čemer se je mentalna starost primerjala s kronološko starostjo. Prav tako so bile v testu iz leta 1986 naloge že klasificirane glede na različne sposobnosti, kot je prikazano v tabeli 10. Kakor je razvidno iz podatkov v tabeli, so se v testu iz leta 2003 pojavile naloge vizualno-prostorskega razumevanja. Test iz tega leta ima hibridno strukturo, saj predstavlja kombinacijo številčne in starostne lestvice.



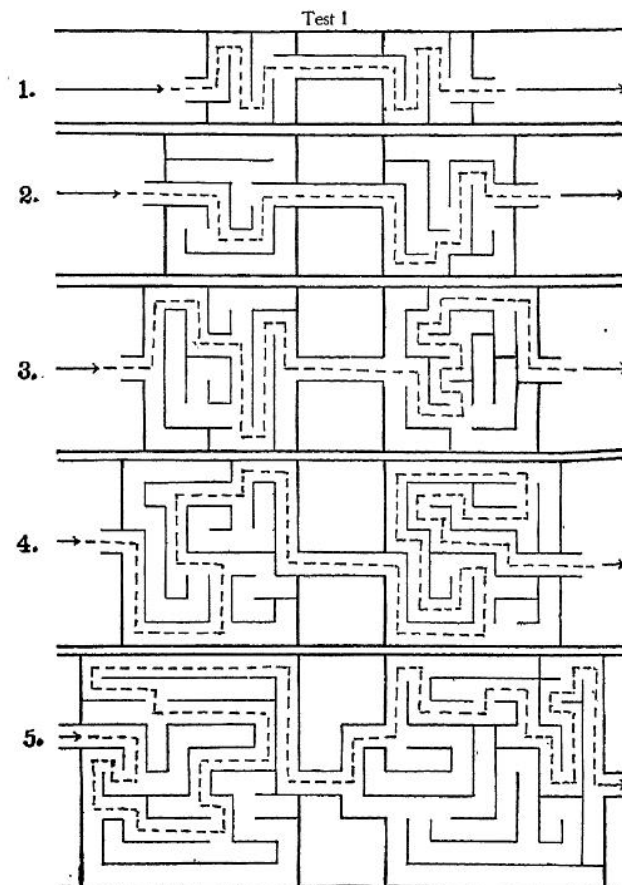
**Tabela 10:** Evolucija Stanford-Binetovega testa (Becker, 2003)

<b>Izdaja</b>	<b>Merjenje vrste sposobnosti</b>
1916	splošna inteligentnost
1937	splošna inteligentnost
1960/1973	splošna inteligentnost
1986	splošna inteligentnost besedno sklepanje abstraktno/vizualno sklepanje kvantitativno sklepanje kratkoročni spomin
2003	splošna inteligentnost veščine fluidno sklepanje kvantitativno sklepanje vizualno-prostorsko razumevanje delovni spomin neverbalni IQ verbalni IQ

Za potrebe testiranja rekrutov sta se med I. svetovno vojno v Ameriki razvila testa Army Alpha in Army Beta. Army Alpha je bil razdeljen na 8 testov, Army Beta pa na 7. V testu Army Alpha ne zasledimo nalog, vezanih na vizualno- prostorsko razumevanje, medtem ko se v testu Army Beta takšne naloge pojavljajo. Prav zato je v nadaljevanju slednji tudi podrobneje opisan. Opisane so naloge iz testa Army Beta, ki preizkušajo vizualno-prostorsko razumevanje (Yerkes in Yoakum, 1920).

**Naloga 1:** Labirint (Yerkes in Yoakum, 1920)

Na začetku izpraševalec »gre« skozi prvi labirint. Nato nadaljuje demonstrator, ki s pisalom počasi vleče linije skozi prvi labirint. Izpraševalec nato prične z drugim labirintom, s katerim nadaljuje demonstrator, ki naredi napako in »gre« v slepi del. Ko pride do konca, ga izpraševalec popravi in »odpelje« nazaj. Nato demonstrator nadaljuje po pravilni poti. Zatem labirinte rešujejo testirane osebe. Primeri labirintov so prikazani na sliki 17.

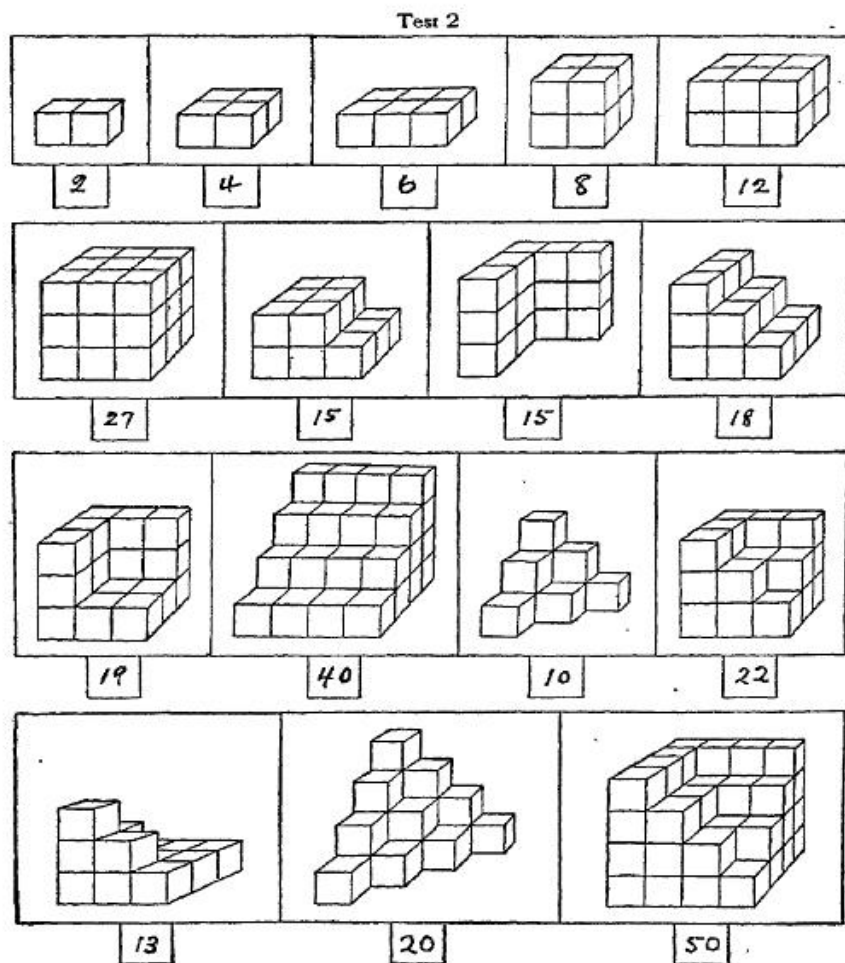


**Slika 17:** Test Army Beta, naloga 1 (Yerkes in Yoakum, 1920)

**Naloga 2:** Analiza kock (Yerkes in Yoakum, 1920)

Pri tej nalogi so morale testirane osebe ugotoviti število kock v izbranem geometrijskem telesu, ki je bilo sestavljeno iz kock. Pred izvedbo testa je bila prikazana demonstracija določenega modela, ki so ga pred skupino testirancev rotirali, da so ga lahko videli iz več strani. V testu, ki je prikazan na sliki 18 (z rešitvami v okvirčkih), so tako morali ugotavljati število manjših kock. Čas reševanja je bil dve minuti in pol.

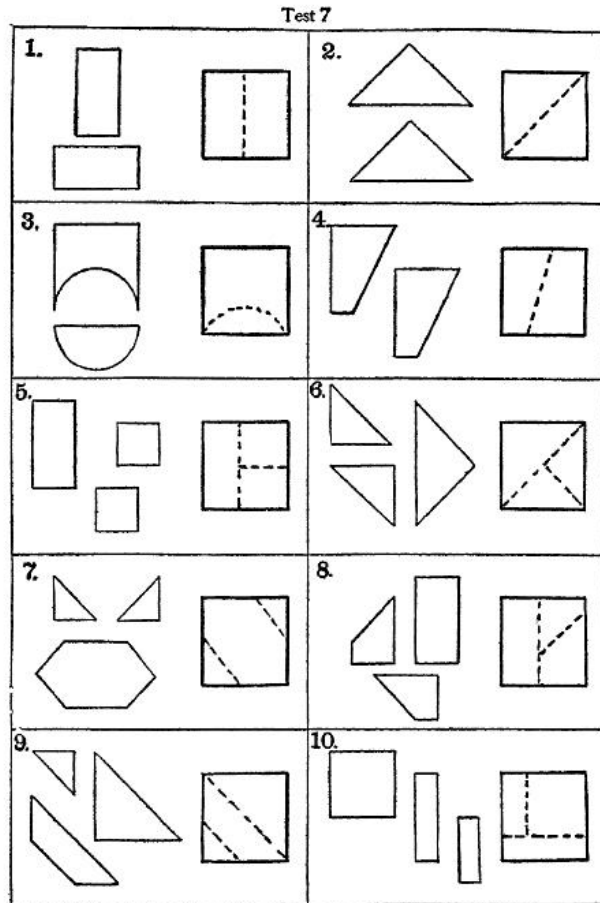
Naloga je tipičen primer preizkusa iz prostorske predstavljalivosti. Testirana oseba mora v mislih predmet rotirati ter si predstavljati pogled iz različnih smeri.



**Slika 18:** Test Army Beta, naloga 2 (Yerkes in Yoakum, 1920)

**Naloga 7:** Geometrijske konstrukcije (Yerkes in Yoakum, 1920)

Pri tej nalogi so morale testirane osebe iz posameznih delov sestaviti kvadrat. Izpraševalec in demonstrator sta pred začetkom reševanja na primerih prikazala namen naloge. Na sliki 19 so prikazani posamezni primeri nalog, ki so bile vključene v ta sklop. Pri teh nalogah opazimo, da gre za miselne konstrukcije in rotacije geometrijskih likov, s katerimi prav tako dokazujemo prostorske predstave.



**Slika 19:** Test Army Beta, naloga 7 (Yerkes in Yoakum, 1920)

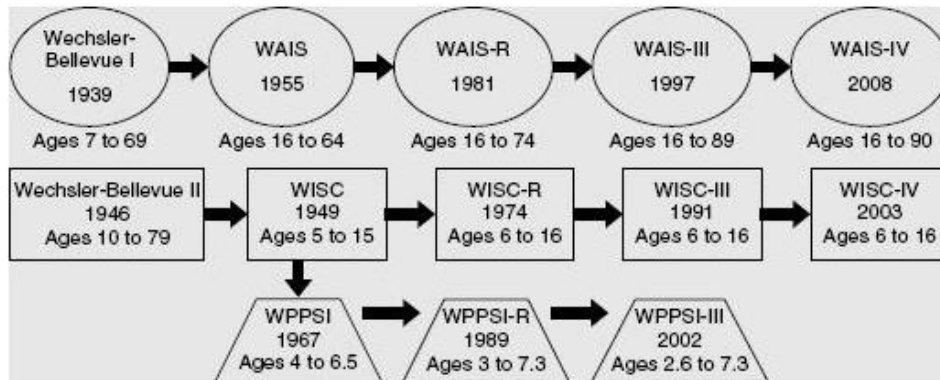
Splošno poznan instrument za merjenje inteligentnosti je izdelal tudi ameriški psiholog David Wechsler. Njegov test zasledimo v treh oblikah:

- WAIS (Wechsler Adult Intelligence Scale)
- WISC (Wechsler Intelligence Scale for Children)
- WPPSI (Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence)

V testu WISC, ki je namenjen testiranju otrok v starosti 6–16 let, zasledimo podtesta, pri katerih je za uspešno reševanje potrebna dobra prostorska predstavljenost. V nadaljevanju bosta tako opisana podtesta sestavljanje kock (block design) in sestavljanje predmetov (matrix reasoning). Test je sicer namenjen merjenju splošne inteligentnosti. Trenutno je v uporabi test WISC-IV, ki je sestavljen iz štirih skupin podtestov: Verbal Comprehension Index (VCI), Perceptual Reasoning Index (PRI), Processing Speed Index (PSI) and Working Memory Index (WMI), skupno pa 15 podtestov.

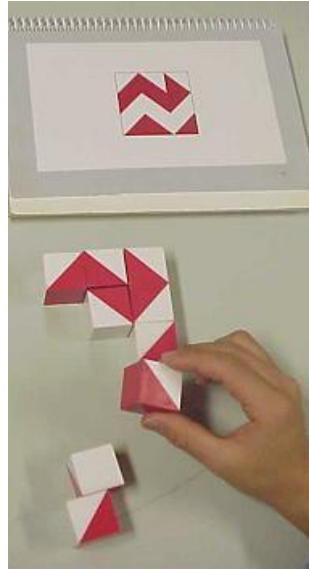
Skupina podtestov, ki vsebuje tudi prostorsko-vizualne naloge, je Perceptual Reasoning Index (PRI). V tej skupini se nahajajo štiri podtesti: Block Design, Picture Concepts, Matrix Reasoning in Picture Completion (Prifitera, Saklofske in Weiss, 2008).

Wechsler (1949, povz. po Šali, 1972, str. 49) je test WISC, ki je bil prvič objavljen leta 1949, razvil iz testa za odrasle WB-I (Measurement of Adult Intelligence) in testa za mladostnike WB-II (Wechsler Bellevue Intelligence Scale).



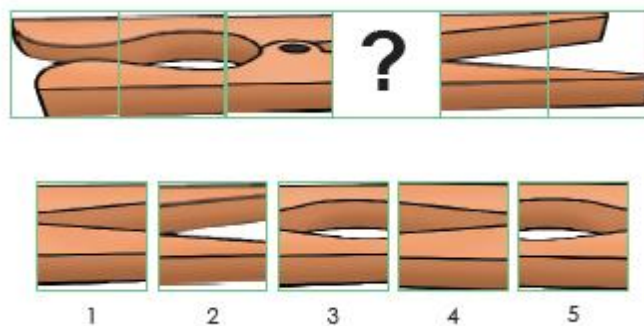
**Slika 20:** Razvoj Wechslerjevega testa (Lichtenberger in Kaufman, 2012)

Naloge, ki v skupini podtestov PRI preverjajo prostorsko predstavljenost, se nahajajo v podtestih Block Design (sestavljanje kock) in Matrix Reasoning (sestavljanje vzorca). Podtest sestavljanje kock je test, ki ne zahteva posebnega znanja. Pri tem testu se med drugim ugotavlja prostorska predstavljenost, poleg tega pa še miselna fleksibilnost, logično sklepanje, natančnost, vztrajnost, spretnost in vizualno-motorična koordinacija. Ugotovljeno je bilo, da otrok rešuje naloge na dva načina, ali sistematično ali s poskušanjem. Med tema dvema načinoma lahko prehaja med samim reševanjem, predvsem ko naloge postajajo zahtevnejše. Namen naloge je, da otrok s konkretnim obračanjem kock sestavi predmet, ki ga vidi na sliki. Visok rezultat na tem podtestu kaže na dobro prostorsko predstavljenost, sposobnost analitičnega mišljenja, uspešno reševanje problemskih situacij, fleksibilno mišljenje, perceptualno organizacijo, vizualno-motorično koordinacijo in pozornost na detajle (Šali, 1972).



**Slika 21:** Block Design – BD-test (sestavljanje kock) (<http://finitegeometry.org/sc/gen/bdes/>)

Podtest sestavljanje vzorca je neverbalen test in zahteva konkretno praktično znanje, ki je v nekem okolju dosegljivo vsem otrokom. Pri tem testu gre, kot že ime pove, za sestavljanje predmetov in vzorcev iz vsakdanjega življenja. Merimo sposobnost sestavljanja smiselnih celot iz posameznih delov ali logičnih vzorcev. Za uspešno reševanje so potrebni dobra prostorska predstavljalnost, vizualno-miselna manipulacija, razumevanje odnosov med deli in celoto, miselna fleksibilnost in vztrajnost. Tudi pri tem testu lahko otrok posamezno nalogo rešuje sistematično ali s poskušanjem. Tako kot na testu sestavljanje kock so lahko uspešni tisti učenci, ki so manj uspešni na testih verbalnih sposobnosti.



**Slika 22:** Matrix Reasoning (sestavljanje vzorcev) ([store.aristotlecircle.com](http://store.aristotlecircle.com))

Osnovo za Wechslerjev test Block Design je predstavljal Kohsov Block Design Test. Tudi tukaj mora, podobno kot pri zgoraj opisanemu testu WISC, otrok z dvobarvnimi kockami sestaviti vzorec, kot ga opazuje na priloženih karticah. Različnih barv na posameznih kockah je sicer 16. Ploskve kock so lahko pobarvane v celoti ali diagonalno. Test je sestavil sociolog

Samuel C. Kohs okoli leta 1920. Eliminiramo lahko verbalni faktor, primeren je tako za otroke s slušnimi kot govornimi težavami (Kohs, 1920).

Kot navajajo avtorji (Pogačnik, 1995; McGee, 1979), raziskave na področju prostorske predstavljalivosti odkrivajo dve sposobnosti: spacialno sposobnost in sposobnost vizualizacije. Medtem ko bi naj pri spacialni sposobnosti šlo bolj za osnovne miselne rotacije (Pellegrino, 1983, povz. po Olkun, 2003), zahteva vizualizacija sposobnosti ugotavljanja izidov rotacij tridimenzionalnih objektov (Burnet in Lane, 1980, povz. po Olkun, 2003) ali zmožnost konstruiranja dvodimenzionalnih in tridimenzionalnih objektov iz sestavnih delov (Battista, Wheatley in Talsma, 1989, povz. po Olkun, 2003). Pogačnik povzema Hakstiana in Cattella, ki pravita, da »je tretji faktor spacialni faktor ali faktor S. Ta funkcija zadeva sposobnost vizualizirati dvo- ali tridimenzionalne objekte, ko je njihov položaj v ravnini ali prostoru spremenjen« (Hakstian in Cattell, 1974, povz. po Pogačnik, 1995, str. 94). Maier (1994, povz. po Sorby, 1999, str. 2) je predlagal pet komponent, ki opisujejo spacialno spretnost. Te so: spacialna percepcija, spacialna vizualizacija, mentalne rotacije, prostorska razmerja in prostorska orientacija. Kot ugotavlja Sorby (1999) prihaja pri teh petih komponentah tudi do prekrivanja. Tako lahko pri določenih aktivnostih enačimo prostorska razmerja in prostorsko orientacijo. Lohman in Kyllonen (1983, povz. po Takahashi, 2011, str. 10) sta identificirala tri glavne komponente, ki spacialno sposobnost delijo na prostorska razmerja, prostorsko orientacijo in spacialno vizualizacijo.

Zgoraj opisane zmožnosti lahko preverjamo s testi prostorske predstavljalivosti. Testov, ki bodo v nadaljevanju opisani, poznamo več vrst, a le naslednji so danes večinoma uveljavljeni: PSVT:R (Purdue Spatial Visualization Test: Rotations), MCT (Mental Cutting Test), MRT (Mental Rotation Test), DAT:SR (Differential Aptitude Test: Space Relations) in PRT (Picture Rotation Test).

Pri navedenih testih gre za slike predmetov, ki so na dvodimenzionalnem mediju prikazani navidezno tridimenzionalno, ali za različne like, ki jih mora testirana oseba z miselnimi manipulacijami obračati in ugotavljati izide rotacij. Večinoma so med ponujenimi odgovori navedene štiri možnosti, od katerih je le ena pravilna. Oseba mora ugotoviti, kateri predmet ali lik je identičen prej določenemu.

Testa prostorske predstavljalivosti, pri katerih gre za rotacije likov v ravnini ali naloge vizualizacij, je v Sloveniji razvil Pogačnik (1995) in se imenujeta rotacije in prtički. Pri testu

rotacije se na levi strani nahaja lik, na desni pa so še štirje, ki so v različnih položajih. Z miselnim obračanjem likov na desni mora testirana oseba poiskati enakega tistemu na levi. Test vsebuje 90 nalog, čas reševanja pa je lahko 6 minut (Pogačnik, 1995). Naloga predstavlja miselno reševanje v dveh dimenzijah, torej v ravnini. Test prtički je test, kjer so v nalogah papirnati kvadrati, ki so bili prepognjeni enkrat ali večkrat ter preluknjani. Slika na desni prikazuje ta kvadrat razgrnjen, testirana oseba pa mora narisati, kje se v tem primeru nahajajo luknje. V testu je 20 nalog, čas reševanja pa je 20 minut.

V slovenski literaturi (Hafner, 2002) zasledimo tudi test prostorske predstavljalivosti, kjer je podana mreža poliedra, označena s številkami na posameznih delih ploskev in z dvojnimi vprašajem. Testirana oseba skuša ugotoviti, katera ploskev, ki je označena z neko številko, se bo stikala z drugo, ki je označena z dvema vprašajema, če polieder sestavimo.

V literaturi (Sorby, 2007; Sorby, 2009; Sjölander, 1998; Study 2012) lahko najdemo kar nekaj skupin nalog, ki preverjajo prostorsko predstavljalivost in ki so bile uporabljene tudi pri modificiranem testu prostorske predstavljalivosti, s katerim se je ugotavljal morebitni napredek pri prostorskem zaznavanju med osnovnošolskimi učenci (11–15 let) zaradi računalniškega 3D-modeliranja.

Teste lahko razdelimo na tiste, pri katerih gre za rotacije likov v ravnini, ter tiste, pri katerih mora testiranec ugotavljati rotacije navideznih 3D-predmetov na dvodimenzionalnem mediju.

V literaturi (Sjölander, 1998) zasledimo tudi naslednjo delitev:

- Mental rotation tests (testi miselnih rotacij, npr. test MRT),
- Spatial perception tests (testi prostorskega zaznavanja, npr. test WLT),
- Spatial visualisation tests (testi vizualizacije, npr. DAT:SR).

V začetnem in končnem preizkusu, s katerima se je preverjala prostorska predstavljalivost učencev, sta bili obe skupini prej opisanih nalog. Tako je bil preizkus iz prostorske predstavljalivosti razdeljen na 2D- in 3D-del.

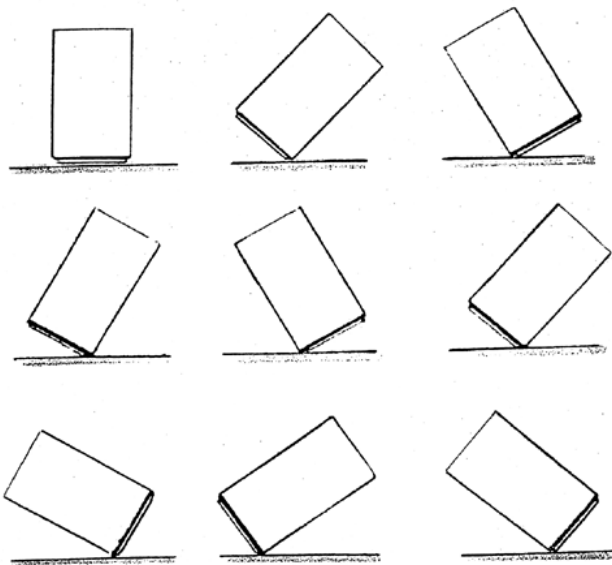


## 2.8.2 TESTI PROSTORSKE PREDSTAVLJIVOSTI

V nadaljevanju je opisanih nekaj specifičnih testov prostorske predstavljalivosti.

### WLT (The Water Level Test)

S preprostim testom WLT (Sjölander, 1998) lahko preverjamo prostorsko predstavljalivost že pri učencih v nižjih razredih osnovne šole in jih na podlagi dobljenih rezultatov klasificiramo v skladu s Piagetovo razlago razumevanja prostora pri otrocih. Na testu morajo učenci v posameznem kozarcu označiti nivo tekočine, če je kozarec na pol poln.

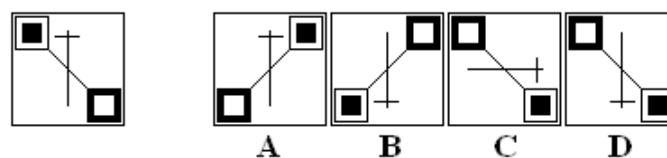


**Slika 23:** The Water Level Test

(<http://bit.ly/1mmdHnd>)

### PRT (Picture Rotation Test)

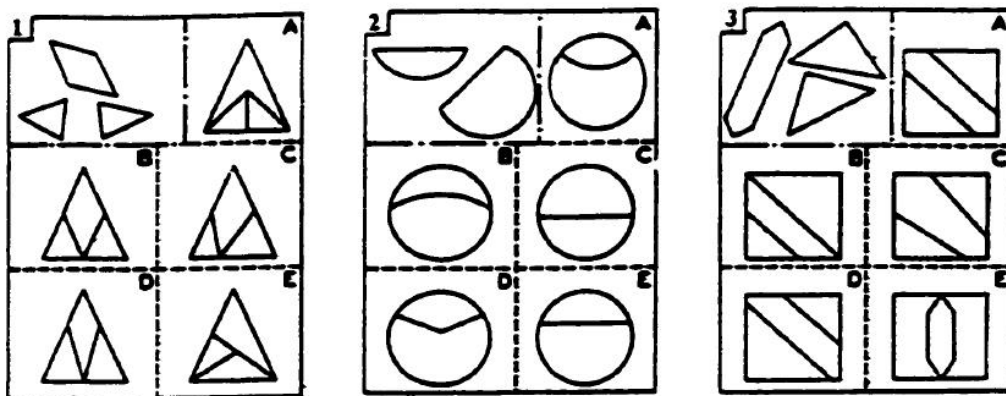
Pri testu je treba z miselnimi rotacijami ugotoviti pravi izid predlaganega lika. Na voljo so štiri rešitve, od katerih je le ena pravilna.



**Slika 24:** Picture Rotation Test (Newton in Bristoll, b. l.)

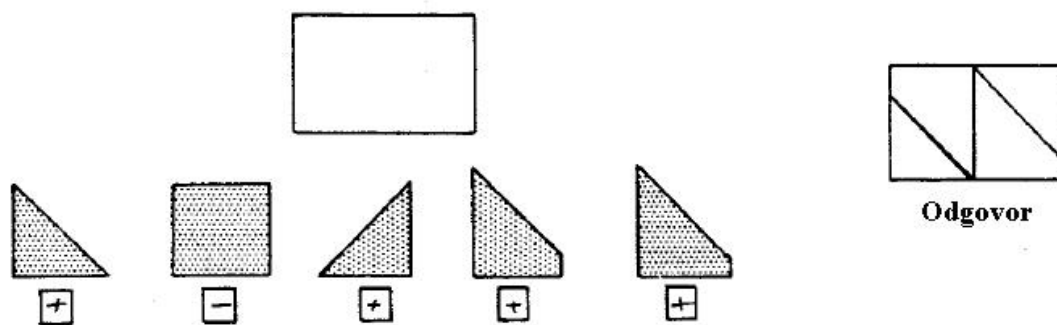
**PFB (Paper Form Board)** (Likert in Quasha, 1941, povz. po Sjölander, 1998), **RMPFBT (The Revised Minnesota Form Board Test)** (Likert in Quasha, 1995; povz po Study, 2012) **in Form Board Test** (Ekstrom, French, Harman in Dermen, 1976)

Pri testu je treba iz ponujenih likov v mislih sestaviti celoto in izmed ponujenih rešitev izbrati eno, ki je pravilna.



**Slika 25:** The Revised Minnesota Form Board Test (Phunlaphawee, 2000)

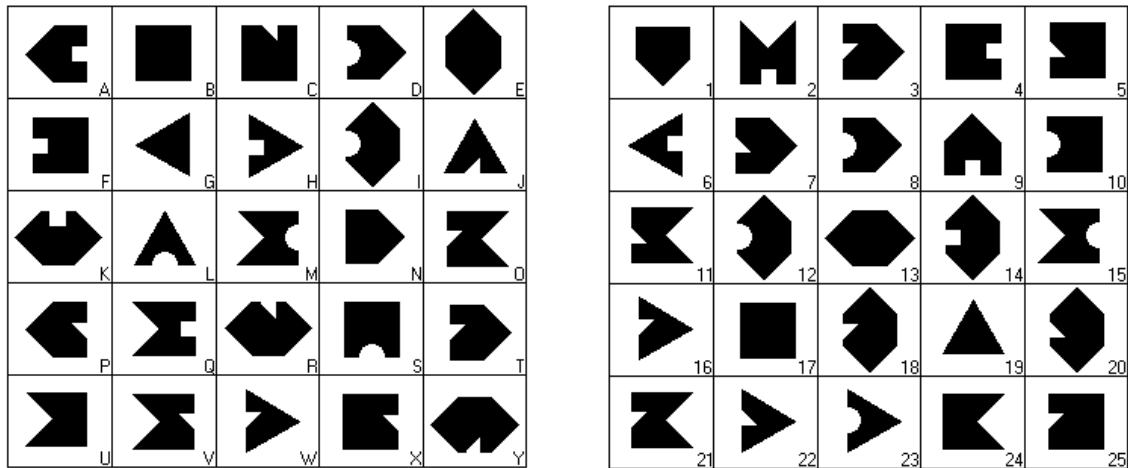
Test je lahko zastavljen tudi drugače. Na sliki je prikazan celoten lik in treba je ugotoviti, kateri manjši liki, ki so ponujeni, ga sestavljajo.



**Slika 26:** Form Board Test (Ekstrom, French, Harman in Dermen, 1976)

»Pari« (Newton in Bristoll, b. l.)

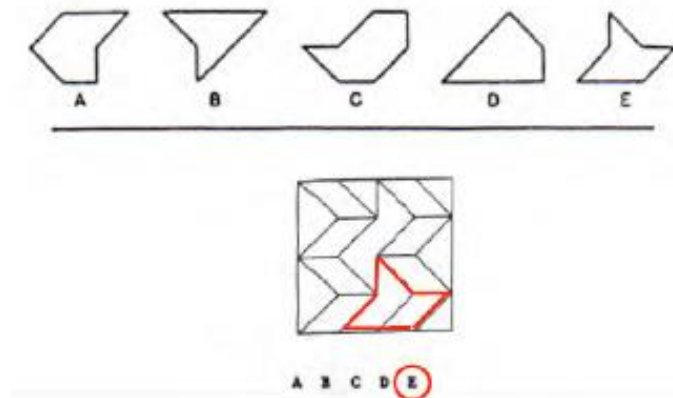
Pri testu je treba poiskati skupne pare posameznih likov iz dveh tabel. Liki so lahko v drugi tabeli, glede na prvo, obrnjeni. Torej mora testirana oseba izvajati miselne rotacije, da lahko pride do želenega rezultata.



Slika 27: Iskanje parov z rotacijami likov (Newton in Bristoll, b. l.)

**HFT (Hidden Figures Test)** (Ekstrom, French, Harman in Dermen, 1976)

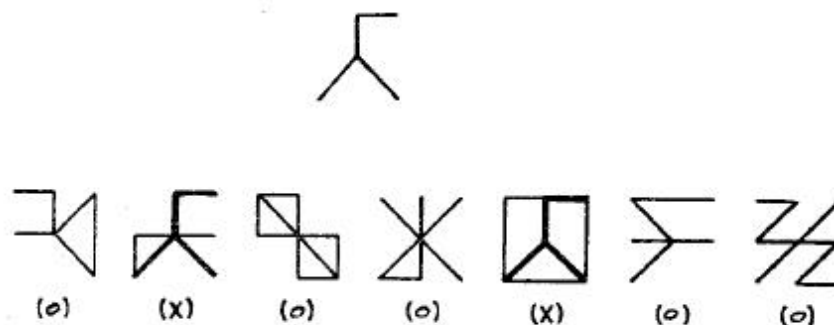
Test vsebuje 12 nalog, za reševanje katerih je na voljo 5 minut. Testirana oseba mora ugotoviti, kateri izmed petih ponujenih geometrijskih likov je skrit v sliki.



Slika 28: Hidden Figures Test (Study, 2012)

**Hidden Patterns Test** (Ekstrom, French, Harman in Dermen, 1976)

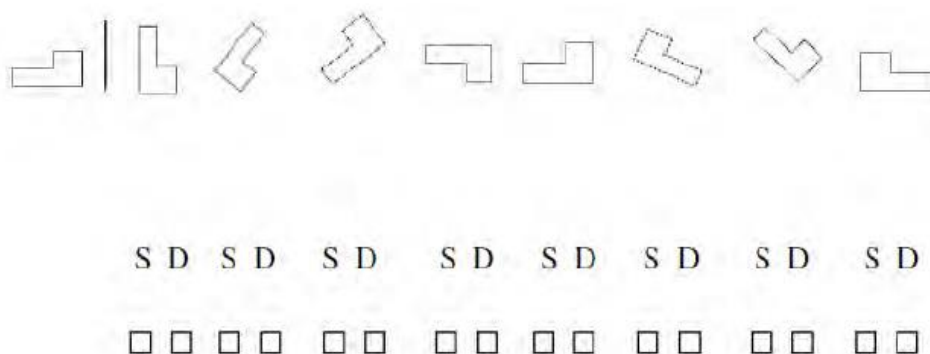
Test nekoliko spominja na HFT-test, saj gre za prepoznavanje določene figure v nekem kompleksnem vzorcu, kjer mora imeti enako lego kot iskana figura. Test je časovno omejen in vsebuje dva dela po dve strani. Na vsaki strani je po 100 vzorcev in ena iskana slika. Za reševanje posameznega dela so na voljo tri minute. Pod vsakim vzorcem se za ujemanje s sliko označi x, za neujemanje pa 0.



**Slika 29:** Hidden Patterns Test (Ekstrom, French, Harman in Dermen, 1976)

**CRT (Cards Rotation Test)** (French, Ekstrom in Price, 1963, povz. po Study, 2012)

Pri testu gre za ugotavljanje identičnosti likov po rotacijah v ravnini. Test se izvaja 4 minute in vsebuje 112 kratkih nalog, pri katerih se mora ugotoviti, ali sta dva lika enaka (S) ali različna (D).



**Slika 30:** Cards Rotation Test (Study, 2012)

**Copying Test** (Ekstrom, French, Harman in Dermen, 1976)

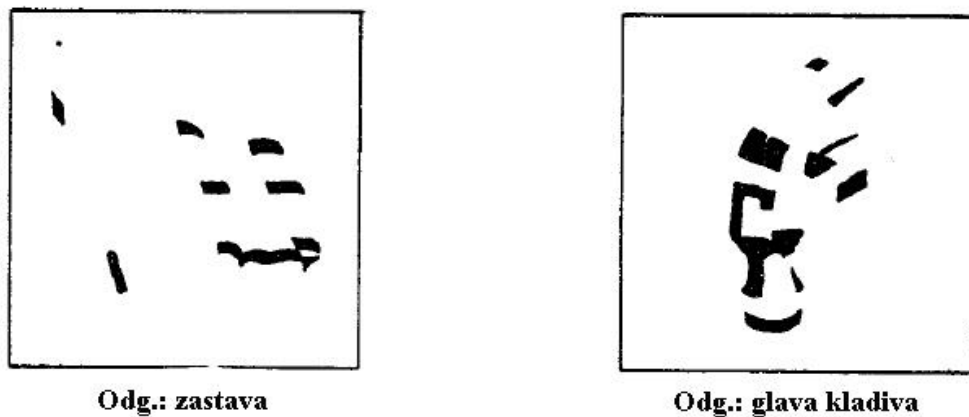
Pri testu gre za iskanje vzorca, prikazanega na sliki, pri čemer moramo v odgovoru s povezavo pik poiskati identičnega. Začetek iskanega vzorca poteka od obkrožene pike. Test je sestavljen iz dveh sklopov po 32 nalog, za reševanje vsakega so na voljo tri minute.



**Slika 31:** Copying Test (Ekstrom, French, Harman in Dermen, 1976)

### **Gestalt Completion Test** (Ekstrom, French, Harman in Dermen, 1976)

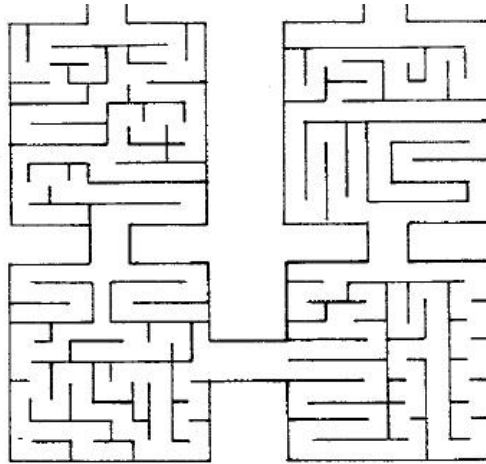
Pri testu gre za predstave celotne slike, čeprav je prikazan samo njen del. Za zapolnitev si je treba manjkajoče dele predstavljati. Test je sestavljen iz dveh sklopov po 10 nalog, za reševanje vsakega sta na voljo 2 minuti.



**Slika 32:** Gestalt Completion Test (Ekstrom, French, Harman in Dermen, 1976)

### **Maze Tracing Speed Test – labirinti** (Ekstrom, French, Harman in Dermen, 1976)

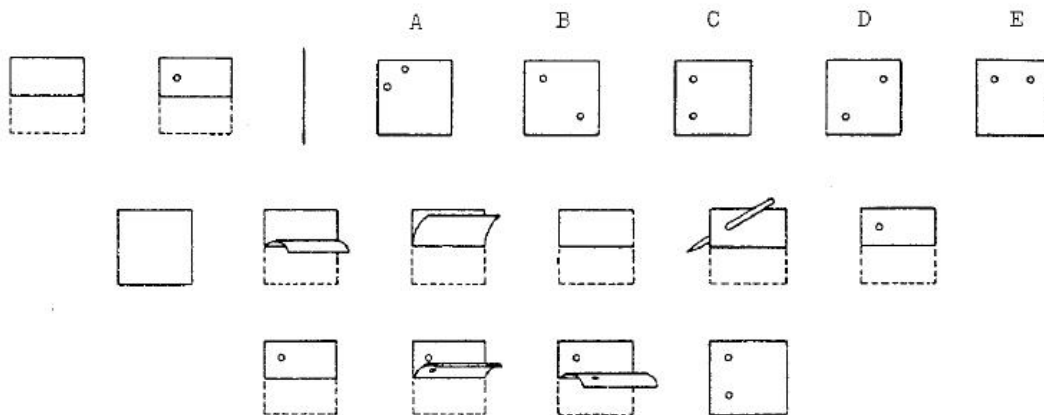
Pri tem testu se išče pot v labirintu. Pravilno pot označimo s svinčnikom, vendar ne smemo prečkati črte. Test je sestavljen iz 24 kvadratov, v katerih so posamezni labirinti med seboj povezani. Rezultat je odvisen od uspešno rešenih posameznih labirintov v določenem kvadratu. Če v določenem labirintu obtičiš, ga lahko izpustiš in nadaljuješ v naslednjem. Test je sestavljen iz dveh sklopov, za reševanje posameznega so na voljo 3 minute.



**Slika 33:** Maze Tracing Speed Test Labirint (Ekstrom, French, Harman in Dermen, 1976)

**The Punched Holes Test ali Paper Folding Test** (Ekstrom, French, Harman in Dermen, 1976)

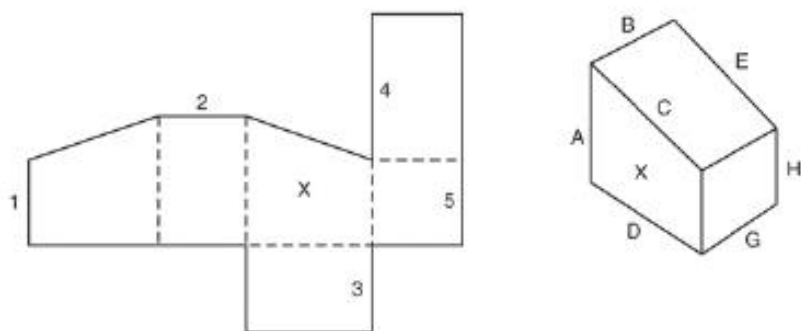
Ta test prostorske predstavljalivosti je sestavljen iz desetih nalog, za katere ima testirana oseba na voljo tri minute. Leva slika prikazuje korake prepogibanja papirja. V zadnjem koraku je na delu papirja zarisana pika, s katero prikažemo mesto, kjer se v papir naredi luknja. Testirana oseba mora ugotoviti, kakšen bi bil videti papir, če bi ga zopet razstavili. Na voljo je pet slik, od katerih je le ena pravilna. Na sliki 34 je prikazan test in potek reševanja z uporabo miselnih manipulacij.



**Slika 34:** Paper Folding Test (Ekstrom, French, Harman in Dermen, 1976)

**The Surface Development Test** (Ekstrom, French, Harman in Dermen, 1976)

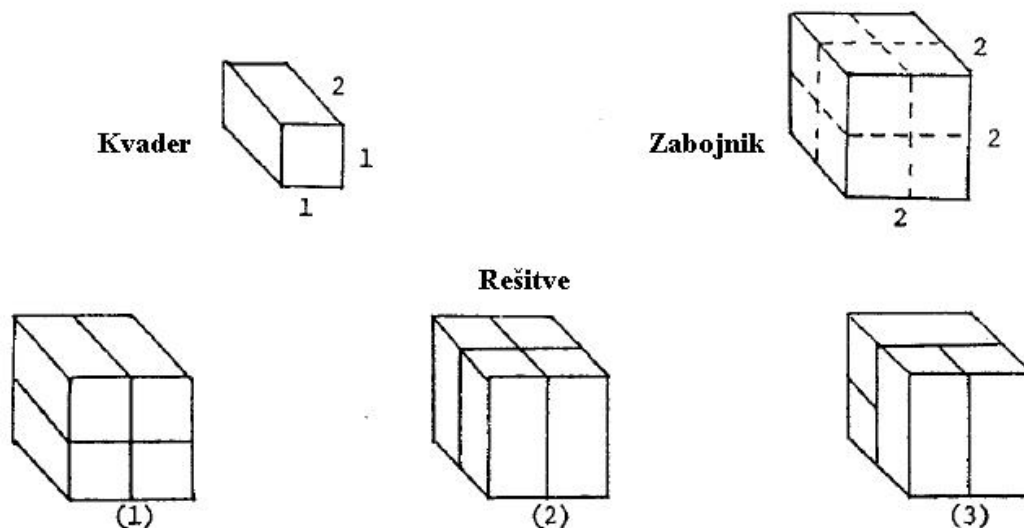
V tem testu si je treba predstavljati ali vizualizirati, kakšen bi bil videti kos papirja (mreža predmeta), če bi ga prepognili in sestavili v predmet. Pri testu gre za obratne operacije kot pri testu DAT:SR.



**Slika 35:** The Surface Development Test (Study, 2012)

**Storage Test** (Ekstrom, French, Harman in Dermen, 1976)

Pri tem testu je treba ugotoviti, kako določen objekt shranimo v prostor, ki je na voljo, oziroma prikazati čim več možnih načinov. Naloga vsebuje sliko navideznega 3D-kvadra in večjega zabojnika, na katerem je treba označiti možne rešitve. Številke ob kvadru in zabojniku nam povedo posamezna razmerja. Na sliki so prikazane naloga in možne rešitve.

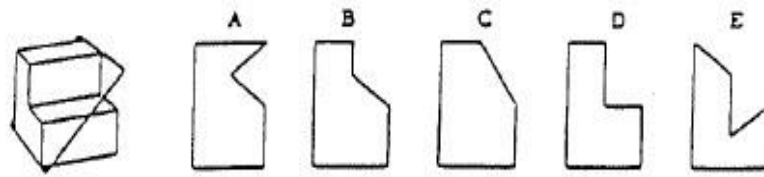


**Slika 36:** Storage Test: naloga in rešitve (Ekstrom, French, Harman in Dermen, 1976)

**MCT (Mental Cutting Test)**

Ta vrsta testa sicer ni bila uporabljena pri modificiranem testu prostorske predstavljalivosti, gre pa za ugotavljanje ravnine preseka določenega predmeta. Na levi strani se nahaja slika

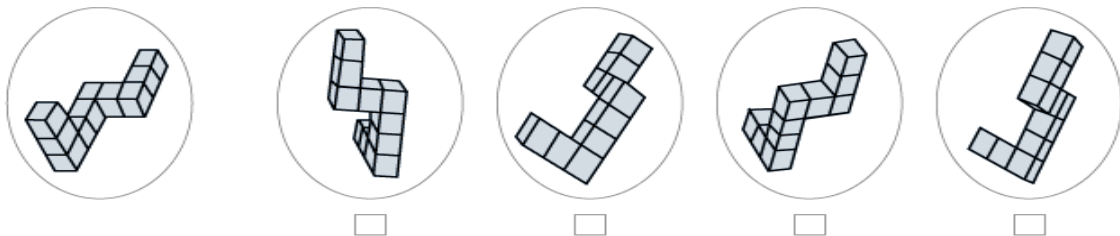
predmeta in navidezna ravnina, ki poteka skozi predmet. Na desni strani so slike likov, med katerimi je le ena pravilna, in predstavljajo rez skozi predmet.



**Slika 37:** Mental Cutting Test (Sorby, 2009)

### MRT (Mental Rotation Test)

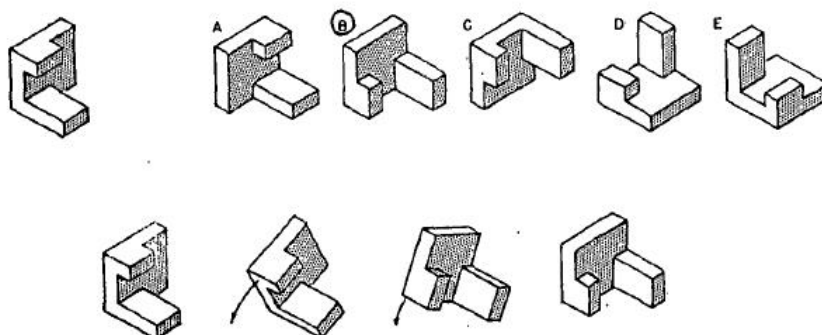
Test zahteva miselne manipulacije v navideznem 3D-prostoru. Testirana oseba mora iskanemu predmetu najti identičen predmet med ponujenimi, ki so označeni s črkami od A do D.



**Slika 38:** Mental Rotation Test (<http://bit.ly/1hFdbSv>)

### IBT (Identical Blocks Test) (Stafford, 1963)

Test je zelo podoben testu MRT. Ugotoviti je treba, kateri predmet na desni sliki ustreza tistemu na levi. Gre za ugotavljanje rezultata z miselnimi rotacijami predmeta. Na sliki 39 so prikazani primer testa in koraki do pravilnega rezultata.

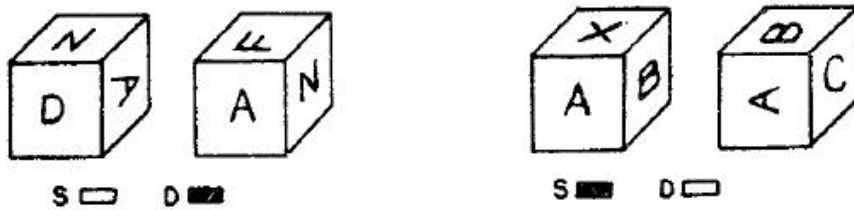


**Slika 39:** Identical Blocks Test (Stafford, 1963)



### Cube Comparisons Test (Ekstrom, French, Harman in Dermen, 1976)

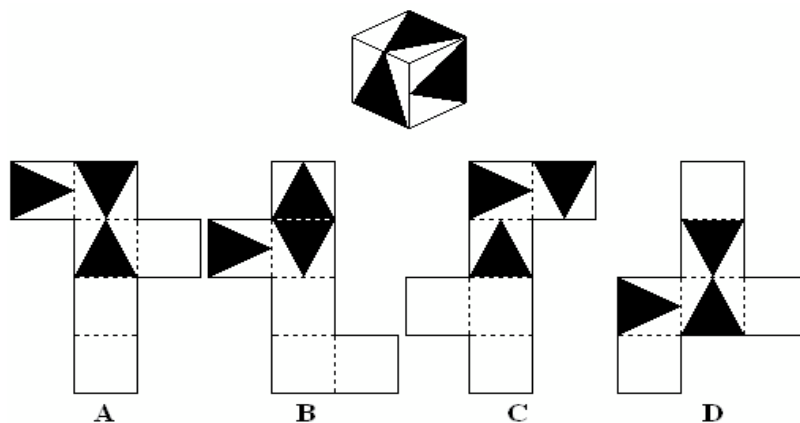
Pri testu gre za ugotavljanje izidov rotacij s pomočjo miselnih manipulacij. Spominja na Card Rotations Test, vendar gre tukaj za obračanje navideznih tridimenzionalnih predmetov. Testirana oseba mora ugotoviti, ali sta kocki oziroma postavitve črk na njih enaki (S) ali različni (D). Sestavljen je iz dveh sklopov po 21 nalog. Za reševanje vsakega so na voljo 3 minute.



Slika 40: Cube Comparison Test (Ekstrom, French, Harman in Dermen, 1976)

### DAT:SR (Differential Aptitude Test: Space Relations)

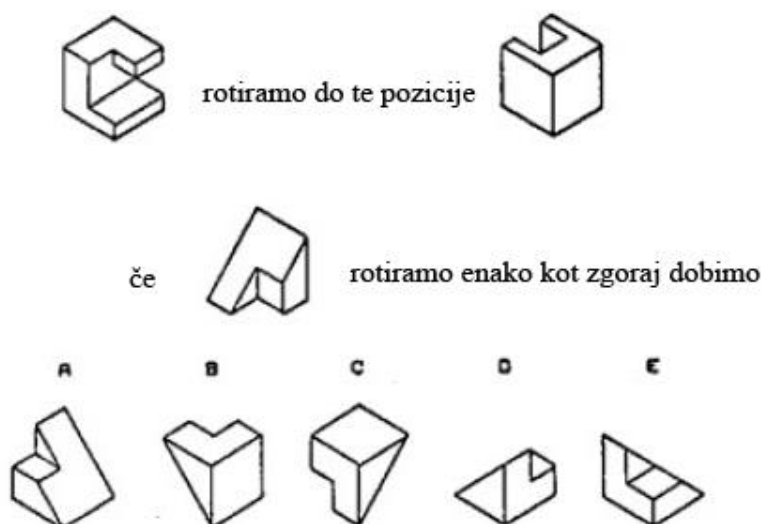
Test zahteva obratne miselne operacije kot The Surface Development Test. Oseba mora ugotoviti, katera mreža kocke ustreza sestavljeni. Na voljo ima štiri odgovore, od katerih je le eden pravilen.



Slika 41: Differential Aptitude Test: Space Relations (Newton in Bristoll, b. l.)

### PSVT:R (Purdue Spatial Visualization Test: Rotations) (Guay, 1976)

Test zahteva vizualizacijo rotacij prikazanega predmeta. Pri ugotavljanju pravilne rešitve so potrebne miselne rotacije in spacialno zaznavanje.



**Slika 42:** Purdue Spatial Visualization Test: Rotations (Guay, 1976)

## 2.9 METAKOGNICIJA

Učenci so za potrebe eksperimenta rešili tudi tri vrste samoocenitvenih vprašalnikov: o učnozaznavnih stilih, o večvrstni inteligentnosti in vprašalnik, s katerim se je ugotavljala dominantnost možganske hemisfere. Presojati so morali o lastnih zmožnostih v odnosu do naloge oziroma trditve, za katero so se opredelili. V tem primeru lahko govorimo o metakogniciji, ki bi jo lahko definirali tudi kot kognicijo o kogniciji (Bakračevič Vukman, 2000). Nekateri avtorji (Demetriou in Efklides, 1989, povz. po Bakračevič Vukman, 2000, str. 43) govorijo celo o hiperkogniciji oziroma hiperkognitivnih sistemih. Njihove trditve temeljijo na dejstvu, da se ta kognicija o kogniciji (meta – gr. za) ne pojavlja nujno za kognicijo, ampak vzporedno. Gre za kontrolno strukturo višjega reda, ki posamezniku omogoča razumevanje lastne kognicije. Z nekaj raziskavami (Brown, 1978, Cavanaugh in Perlmutter, 1982; Flavell in Wellman, 1977, povz. po Bakračevič Vukman, 2000, str. 55) je bilo dokazano, da ima na reševanje kognitivnih problemov vpliv tudi starost. Starejši otroci vedo več kot mlajši o nalogah, strategijah reševanja in zavedanju samega sebe. Kot navaja Demetriou (1989, povz. po Bakračevič Vukman, 2000, str. 45), naj kognitivni sistem sprva ne bi bil samorefleksiven, ampak samosenzitiv. Metakognitivni sistem lahko služi kot posrednik med kognitivnim sistemom in realnostjo. Naloga učitelja je pripraviti otroka na sprejemanje premišljenih odločitev in zrelejši način razmišljanja. Za metakognicijo pa so potrebne tudi izkušnje (Bakračevič Vukman, 2000).

## 2.10 NAČRTOVANJE PRI TEHNIČNIH PREDMETIH V OSNOVNI ŠOLI

Načrtovanje imenujemo proces določanja lastnosti bodočega predmeta (Lutar, 2007). Tehnična risba ali načrt predstavljata osnovno informacijo, na katero se učenec opira pri izdelavi predmeta. V starejših učnih načrtih srečamo tehnično načrtovanje, kamor lahko od leta 1960 dalje uvrstimo tudi 3D-modeliranje. Predmet tehnika in tehnologija se trenutno v slovenskih osnovnih šolah izvaja v 6., 7. in 8. razredu. 3D-modeliranje prvič zasledimo v učnem načrtu leta 2011. Pred tem so učenci spoznavali računalniško grafično orodje ciciCAD, kjer se načrtuje v dveh dimenzijah. Grafično komuniciranje je osnova pri procesu nastajanja predmeta. Skica in tehnična risba nam posredujeta informacije o geometriji in prostorskih odnosih predmeta (Lutar, 2007). Prikaz posameznih dejavnosti tehničnega risanja, načrtovanja oziroma grafičnega komuniciranja skozi čas je prikazan v tabeli 11.

**Tabela 11:** Prikaz dejavnosti tehničnega načrtovanja od leta 1960 dalje

Leto	Razred	Dejavnosti
1960 (objave)	6.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- samostojno branje in risanje načrtov s centimetrsko mrežo</li> <li>- povečanje ali zmanjšanje načrtov z mrežo (zmanjšano merilo)</li> <li>- skiciranje predmetov v eni od projekcij</li> </ul>
1962 (predmetnik in učni načrt za osnovne šole)	7.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- risanje projekcij na tri ravnine (tloris, čelni ris in stranski ris)</li> <li>- konstruktivno risanje (geometrijski liki – 5-, 6- kotnik, elipsa)</li> <li>- risanje prostorskih skic teles z opisanim merilom, geografske skice terena – krokiji</li> </ul>
	8.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- izdelovanje preprostega načrta, kotiranje, risanje v merilu</li> <li>- tridimenzionalni prikaz (skiciranje) bodisi v izometrični bodisi v aksonometrični projekciji</li> </ul>
1966 (objave)	5.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- risanje mreže kvadra z zavihki za zlepljenje</li> <li>- risanje tloriga in narisa pravokotnika lesenega križa za viziranje</li> </ul>

1969 (predmetnik in učni načrt za osnovno šolo)	6.	- risanje tlorisa najpreprostejše stavbe (garaže ali vikend hišice) z uporabo risarskih simbolov iz gradbeništva in z označbo dimenzij
	7.	- risanje enostavnega strojnega elementa (osi, jermenice) ali enostavnega orodja (kladiva, sekača, kotnika v narisu in tlorisu) - risanje načrta enega od izdelkov, ki so jih učenci izdelali pri pouku - risanje načrta izdelka (npr. Peltonove turbine)
	8.	- risanje načrta izdelka s področja optike v tlorisu, narisu, stranskem risu in v izometrični projekciji (npr. periskopa) - risanje načrta izdelka iz elektrotehnike z dokumentacijo (npr. elektromagneta, tuljave, varovalke)
1973, 1975 (vsebina vzgojno-izobraževalnega dela)	5.	- konstruiranje narisa in tlorisa
	6.	- risanje tlorisa preprostega stanovanjskega prostora
	7.	- risanje stranskega risa - risanje prerezov
	8.	- risanje v izometrični projekciji
1983 (obvezni predmetnik in učni načrt za osnovne šole)	5.	- risanje narisa predmeta - skiciranje načrta za embalažo iz papirja
	6.	- risanje, projiciranje in spoznavanje projekcijske ravnine: tloris, naris, stranski ris - risanje preprostega geometrijskega telesa v tlorisu, narisu, stranskem risu
	7.	- risanje prerezov - risanje montažne risbe - risanje kinematične sheme

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- vaje v določanju stranskega risa</li> <li>- risanje strojnega dela v prerezu</li> </ul>
	8.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- risanje v izometrični projekciji</li> <li>- konstruiranje kvadrastega predmeta v izometrični projekciji</li> <li>- pretvarjanje pravokotne projekcije v izometrično</li> </ul>
2002 (Učni načrt tehnika in tehnologija; Papotnik idr., 2002)	6.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- skiciranje zamisli predmeta iz papirnih gradiv</li> <li>- risanje skice svojega izdelka</li> <li>- skiciranje štirikotnega, okroglega in trikotnega lika</li> <li>- skiciranje plašče izbrane embalažne škatle</li> <li>- kotiranje narisane lika in plašča</li> <li>- risanje plašča predmeta z računalniškim programskim orodjem</li> <li>- risanje kvadrata ali pravokotnika s pravilno uporabo dveh trikotnikov</li> <li>- risanje lika s krogi in z loki</li> <li>- kotiranje narisane lika</li> <li>- risanje tehnične in delavniške risbe izdelka ter izpolnjevanje tehnološkega lista</li> <li>- kotiranje risbe predmeta in dopolnjevanje s tehniškimi oznakami</li> </ul>
	7.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- skiciranje in risanje predmeta v pravokotni projekciji na tri ravnine</li> <li>- skiciranje domače kuhinje, tlorisa učilnice, predmeta, ki ga bo učenec izdelal</li> <li>- načrtovanje predmeta z računalniškim programom (CAD)</li> </ul>
	8.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- skiciranje predmeta v izometrični projekciji</li> <li>- risanje predmeta, sestavljenega iz več kvadrastih teles v izometrični projekciji</li> </ul>

Med specialnodidaktičnimi priporočili je v učnem načrtu iz leta 2002 (Papotnik idr., 2002) navedeno, da naj bi ročnemu risanju bilo namenjeno le toliko časa, da učenec spozna osnovna pravila risanja, kasneje pa se uporablja računalniško grafično orodje CAD (ciciCAD).		
2011 (Učni načrt tehnika in tehnologija; Fakin, Kocijančič, Hostnik in Florjančič, 2011)	6.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- skiciranje embalažne škatle za izbrani predmet</li> <li>- skiciranje in risanje osnovnih likov z izbranimi črtami (debela, tanka, črtkana in pikčasta) in kotiranje (roba, kroga in loka)</li> <li>- uporaba pravil skiciranja pri načrtovanju predmetov, npr. embalažne škatle</li> <li>- risanje mreže škatle z računalniškim grafičnim orodjem</li> <li>- risanje skice svojega izdelka</li> <li>- skiciranje ideje preprostega uporabnega izdelka iz lesa</li> </ul>
	7.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- risanje preprostih predmetov v pravokotni projekciji na treh ravninah in uporaba v praksi</li> <li>- skiciranje ideje izdelka</li> </ul>
	8.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- skiciranje in risanje predmeta v izometrični projekciji</li> <li>- risanje slike predmeta v prostoru z računalniškim grafičnim programom za trirazsežno modeliranje (3D)</li> <li>- skiciranje zamisli predmeta</li> </ul>
Med priporočenimi vsebinskimi sklopi najdemo v učnem načrtu pri vseh treh razredih risanje oziroma modeliranje z računalniškim grafičnim orodjem (CAD, 3D-modelirnik).		

V letu 2012 je bil izdan prenovljen učni načrt za izbirni predmet risanje v geometriji in tehniki (Dolenc, Fišer, Florjančič, Glodež in Šafhalter, 2012), pri katerem pa gre izključno za 3D-modeliranje. V veljavo je stopil s šolskim letom 2013/2014. Učni načrt predstavlja novost na področju grafičnega komuniciranja v osnovni šoli. Učencem svoje zamisli ni treba pretvarjati v dvodimenzionalno obliko, da bi lahko nato izdelali trirazsežnostni predmet. Zamisel prenesejo neposredno v tridimenzionalno obliko, programska oprema pa jim tudi omogoča, da si lahko predmet ogledajo iz različnih zornih kotov.

**Tabela 12:** Število šol in prijavljenih učencev v izbirni predmet risanje v geometriji in tehniki v posameznih šolskih letih

Šolsko leto	Število šol, ki so izvajale izbirni predmet risanje v geometriji in tehniki	Število prijavljenih učencev
2005/2006	1	7
2006/2007	2	38
2007/2008	3	52
2008/2009	4	32
2009/2010	6	81
2010/2011	4	61
2011/2012	4	29
2012/2013	5	70
2013/2014	14	102

**Tabela 13:** Povprečno število šol in prijavljenih učencev v izbirni predmet risanje v geometriji in tehniki po starem in prenovljenem učnem načrtu.

Šolsko leto	Povprečno število šol, ki so izvajale izbirni predmet risanje v geometriji in tehniki v obdobju med šolskimi leti 2005/06 in 2012/13, in število šol, ki izvajajo izbirni predmet v šolskem letu 2013/2014	Povprečno število učencev, ki so obiskovali izbirni predmet risanje v geometriji in tehniki v obdobju med šolskimi leti 2005/06 in 2012/13, in število učencev, ki obiskujejo izbirni predmet v šolskem letu 2013/2014
2005/06–2012/13 (stari učni načrt)	3,625	46,250
2013/14 (prenovljeni učni načrt s 3D-modeliranjem)	14	102

Iz tabel 12 in 13 je razvidno, da je zanimanje učencev za izbirni predmet risanje v geometriji in tehniki naglo poraslo v šolskem letu 2013/2014, ko je prišel v veljavo prenovljeni učni načrt, ki v ospredje postavlja 3D-modeliranje. V šolskem letu 2013/2014 se je izbirni predmet izvajal na 14 osnovnih šolah v Sloveniji, kar je relativno veliko v primerjavi s predhodnimi šolskimi leti. Pred tem šolskim letom so se v minulih osmih letih učenci za omenjeni izbirni predmet odločali v povprečju na manj kot štirih šolah, povprečno število sodelujočih učencev na vseh šolah skupaj pa je znašalo nekaj več kot 46. V šolskem letu 2013/2014 sta se za izbirni predmet risanje v geometriji in tehniki po prenovljenem učnem načrtu odločila 102 učenca na 14 osnovnih šolah.

Od šolskega leta 2011/2012 dalje je 3D-modeliranje postalo tudi tekmovalna kategorija regijskega in državnega tekmovanja iz znanja konstruktorstva in tehnologije obdelav. Tekmovanje je uvrščeno v kategorijo K6: Modeliranje s programom SketchUp. Tekmovalci na tekmovanju merijo dimenzije predmeta in izdelajo 3D-model, prav tako ga izdelajo na podlagi pravokotne ali izometrične projekcije, na državnem tekmovanju pa po svojih zamislih modelirajo izbrani funkcionalni model.

## **2.11 3D-MODELIRANJE**

3D-modeliranje je postopek (Šafhalter, 2011), ko na računalniškem zaslonu prikažemo geometrijska telesa v prostoru. Omogoča predstavitev izdelka v 3D-pogledu in lahko pomaga vsem, ki jim razumevanje 3D-prostora povzroča težave. Ustvarjene slike nastajajo s pomočjo programske opreme, s katero uporabnik prek grafičnega vmesnika zmodelira predmet. Za to namenjeni programi, 3D-modelirniki, upodobijo videz tega predmeta v prostoru.

Pred klasičnim 2D-risanjem ima 3D modeliranje kar nekaj prednosti:

- z njim si razvijamo prostorsko predstavljalnost;
- načrti izdelka, narisani v 3D-tehniki, so namenjeni predvsem lažji predstavi oblike oziroma videza končnega izdelka, medtem ko so načrti, narisani v 2D-tehniki, na prvi pogled videti zelo komplicirani, četudi gre za enostaven del (vsebujejo množico merskih kot, prerezov, stranskih pogledov, podrobnosti ...);
- pogled izdelovalca na 3D-načrt izdelka v hipu razbline dvome o težavnosti izdelave;
- načrti izdelka, narisani v 3D-tehniki, lahko vsebujejo popolnoma vse možnosti risanja, navedene v 2D-tehniki, s tem da lahko tu dodajamo še npr. žične poglede (vidni vsi



robovi), poljubno prerezane izdelke (vidna notranjost), različne smeri oziroma rotacije izdelka v prostoru iz poljubnih zornih kotov;

- ob ustreznem znanju iz uporabe programskega orodja je risba narisana hitreje;
- popravke risbe in morebitne kasnejše izboljšave bodočega predmeta lahko opravimo veliko hitreje.

Kot navaja Lutar (2007), pri modeliranju razlikujemo dve skupine značilnosti: osnovne in aplicirane. Kot osnovno značilnost avtor navaja primer profila, ki ga povlečemo vzdolž krivulje in tako dobimo telo. Med aplicirano značilnost lahko na primer uvrstimo izdelavo luknje v predmetu, ki jo izdelamo tako, da mu odvzamemo material. Tako dobimo navidezni ali virtualni predmet, saj ga ne moremo fizično prijeti, lahko pa z njim izvajamo razne manipulacije.

Kot ugotavlja Field (2004), je naše razmišljanje pri načrtovanju izdelka tridimenzionalno. Pri klasičnem tehničnem načrtovanju morajo tako učenci predmet, ki si ga zamišljajo v treh dimenzijah, prikazati na listu v dveh, tudi v primeru izometrične projekcije, saj je list papirja dvodimenzionalen medij. Pri izdelavi izdelka pa morajo zopet narediti transformacijo, tokrat iz 2D v 3D. Pri načrtovanju s pomočjo 3D-modelirnikov se s temi težavami ne srečujemo. Če gre pri izometrični projekciji za navidezni prikaz tridimenzionalne slike predmeta na dvodimenzionalnem mediju, gre pri 3D-modeliranju za upodobitev modela v virtualnem tridimenzionalnem prostoru.

Z uvedbo sodobne tehnologije pri načrtovanju izdelka se nam odpirajo nove možnosti pri njeni uporabi. Tako nam eno od možnosti ponuja t. i. obrnjeno učenje (angl. flipped learning), kjer lahko združimo učenje v živo in na daljavo. Učitelj pripravi videogradivo, ki ga opremi z govorom oziroma razlago, učenci pa si doma ogledajo posnetek. Prednost tega načina se pokaže predvsem pri učencih, ki se s programsko opremo za 3D-modeliranje srečujejo prvič ali nimajo veliko izkušenj. Tako so na posnetku lahko razloženi postopki uporabe osnovnih orodij in nato učenec v šoli s tem nima težav. S tem se učeči postavi v aktivno vlogo, učitelj pa opravlja nalogo mentorja in svetovalca. Učenec lahko sam načrtuje, kdaj si bo posnetek ogledal, lahko ga med predvajanjem ustavlja in hitrost prilagaja svojim sposobnostim ter pripravi morebitna vprašanja za učitelja.

## 2.12 VIZUALIZACIJA

Vizualizacija je vidna predstavitev, upodobitev (Antič, 2011). Z vizualizacijo skušamo učencem prikazati, kakšen bi naj bil videti predmet, ki ga bodo izdelali. Tako lahko objekt oziroma predmet, ki ne obstaja, prikažemo kot viden, saj zamisel za izdelek mentalno vizualiziramo. Vizualizacija največjo prednost predstavlja učencem vizualnega zaznavnega stila, zagotovo pa lahko pomaga tudi kinestetičnim in avditivnim učencem. Pri predmetu tehnika in tehnologija morajo učenci pri več učnih sklopih, predvsem pri tehničnem načrtovanju, predmete vizualizirati.

Stopnje do tehnične realizacije nam predstavljajo: zaznavanje, spomin, mišljenje, imaginacija, mentalna vizualizacija in tehnična realizacija (Mancini, 2011). Imaginacija je definirana kot fantazija, ustvarjalna domišljija in sposobnost predstave (Antič, 2011). Kot piše Mancini (2011), je imaginacija »sposobnost, ki omogoča ustvarjalno mišljenje. V tem procesu nazorni pojmi postanejo imaginativne podobe, s katerimi ustvarjalni um lažje operira, jih kombinira in izbira« (Mancini, 2011, str. 70).

Kot še navaja Mancini (2011), označuje vizualizacija dva pomena: dejavnost, proces ali metodo nastanka tistega, kar vidimo, in nekaj, kar predstavlja končni cilj vizualizacije pri procesu nastajanja vidnega. Tako lahko vizualizacijo predstavlja metoda pri nastanku končne podobe ali končna slikovna podoba. 3D-modeliranje nam predstavlja 3D-računalniško vizualizacijo v virtualnem tridimenzionalnem prostoru. Pri tehniki in tehnologiji nam omogoča, da učenci vidijo predmet iz poljubnega zornega kota.

Vizualizacija lahko igra vidno in pomembno vlogo tudi v vsakdanjem življenju. Tako na primer smučarji pred začetkom tekmovanja v mislih predelajo celotno progo in ljudje si v mislih lahko vizualiziramo znan kraj, kamor se odpravimo. Znano je tudi, da je Nikola Tesla veliko svojih izumov dosegel s predhodno vizualizacijo. Tako v svoji biografiji navaja, kako si je v glavi zamislil posamezne dele stroja ali naprave, ki jo je poganjal in spremljal s pomočjo vizualizacije. Trdi, da so se mu slike, ki si jih je zgolj predstavljal, zdele povsem resnične in tudi otipljive (Tesla, 2013).

## 2.13 POUDAREK EKSPERIMENTA

Poudarek eksperimenta so predstavljali načini, s katerimi lahko prepoznamo individualne značilnosti posameznega učenca in temu primerno prilagodimo pouk. V konkretnem primeru predvsem v smislu izboljšanja enega ključnih dejavnikov v kognitivnem razvoju posameznika, prostorske predstavljalivosti. Pri prebiranju literature in strokovnih člankov lahko naletimo na raziskave, ki so pri dojetanju prostorske predstavljalivosti zajemale tako razlike med spoloma kot načine, kako lahko prostorsko predstavljalivost izboljšamo. V vseh omenjenih raziskavah pa ne najdemo takšne, ki bi proučevala razvijanje prostorske predstavljalivosti zaradi 3D-modeliranja med učenci, starimi od 11 do 15 let, upoštevala učno zaznavne stile, hemisferičnost možganov in razlike med spoloma.

Skupina avtorjev (Martin-Dorta, Saorin in Contero, 2008) je v raziskavi pisala o izboljšanju prostorske predstavljalivosti zaradi 3D-modeliranja. Izvedli so eksperiment, ki je potekal med 40 študenti (25 moških in 15 žensk) tehniških smeri (inženirstvo), starimi 18–20 let na univerzi v študijskem letu 2006–2007. Polovica jih je imela iz srednje šole izkušnje z inženirsko grafiko. Izobraževanje 3D-modeliranja je potekalo 12 ur (8 ur v učilnici, 4 ure doma), kjer so študentje modelirali s pomočjo programske opreme Google SketchUp. Prostorsko predstavljalivost so merili z dvema vrstama testov za ugotavljanje prostorske predstavljalivosti: MRT in DAT:SR. Rezultate so primerjali s predhodnimi vajami na univerzi, ki so temeljile na tehniškem risanju s svinčnikom na papir, spletnimi multimedijskimi aplikacijami in z aplikacijami za skiciranje. Kot ugotavljajo avtorji, je pri dejavnostih, kot so skiciranje, tehnično risanje in uporaba programske CAD-opreme, razvijanje prostorske predstavljalivosti drugotnega pomena. V raziskavi so študentje modelirali različne fizično oprijemljive predmete relativno majhnih velikosti, predmete iz okolice in vsakdanjega življenja (npr. stol) ter predmete, narisane v izometrični in pravokotni projekciji. Statistična analiza je bila izvedena s t-testom in postavljeno ničelno hipotezo ( $H_0$ ), da ni statistično značilnih razlik med rezultati testa pred opravljenimi dejavnostmi in rezultati testa po opravljenih dejavnostih iz prostorske predstavljalivosti. Pri analizi rezultatov, pri katerih je podlago za ugotavljanje prostorske predstavljalivosti predstavljal t-test, je bilo ugotovljeno, da obstaja statistično značilna razlika med rezultati testa pred dejavnostmi in rezultati testa po opravljenih dejavnostih. Do ugotovitve so prišli tudi na podlagi reševanja testa DAT:SR. Prišli so tudi do sklepa, da so moški dosegli v povprečju večji napredek v prostorski predstavljalivosti zaradi 3D-modeliranja kot ženske.

V raziskavi iz šolskega leta 2005/2006 (Basham, 2007) je sodelovalo 464 učencev iz 14 šol v Združenih državah Amerike. Učenci so bili stari 14–15 let. Ugotavljalo se je, ali obstajajo statistično značilne razlike v napredku iz prostorske predstavljenosti zaradi uporabe orodja 3D CADD (computer-aided design and drafting) glede metode poučevanja, spola, etične pripadnosti in predhodnega sodelovanja pri geometriji in umetnosti. Merilni instrument za prostorsko predstavljenost je bil test PVRT. Pri ugotavljanju razlik glede na metodo poučevanja so bili učenci uvrščeni v štiri skupine, med katerimi so tri predstavljale eksperimentalne skupine, ena pa kontrolno. Prva eksperimentalna skupina je navodila za delo prejela od učitelja iz predhodno pripravljenega učnega načrta. Druga eksperimentalna skupina si je pomagala z navodili, namenjenimi učenju 3D-modeliranja. Tretja eksperimentalna skupina si je pomagala z navodili iz različnih učnih pripomočkov in načrtov. Kontrolna skupina je modelirala brez pripomočkov in navodil. Ugotovljeno je bilo, da je samo prva eksperimentalna skupina dosegla statistično značilno razliko glede na kontrolno skupino, ostali dve pa ne, ter da spol, etična pripadnost in sodelovanje pri geometriji in umetnosti nimajo vpliva na prostorsko predstavljenost. Torej so odstopanja nastala samo pri skupini, ki je orodje za 3D-modeliranje uporabljala s pomočjo navodil učitelja.

Med literaturo najdemo tudi članek (Sorby, 2007), ki govori o razlikah med spoloma pri prostorskih predstavah, kjer avtorica sklepa, da bi se naj ženske zaradi slabše prostorske predstavljenosti manj odločale za inženirske poklice. Ugotavlja (Sorby, 2006; Sorby 2009), da je ta ključnega pomena za uspeh na področjih inženirske grafike, prav tako pa v izobraževanju, predvsem pri matematiki in naravoslovju. Avtorica (Sorby, 2009) v svojem delu išče načine za izboljšanje prostorske predstavljenosti. Predvsem je osredotočena na ženske, saj izhaja iz nekaterih drugih raziskav, ki ugotavljajo, da imajo ženske slabše razvito prostorsko predstavljenost in se zato v manjši meri odločajo za tehnične poklice, ki zahtevajo spretnosti na grafičnem področju. Ugotavlja, da lahko z določenimi aktivnostmi prostorsko predstavljenost izboljšamo in ena od njih je tudi uporaba orodij CAD. Izvedena je bila pilotska študija, ki je temeljila na principu izboljšanja prostorske predstavljenosti s pomočjo delovnega zvezka v povezavi s programsko opremo na računalniku. Programska oprema je vsebovala animirane tridimenzionalne učinke, kar je učencem dajalo občutek igranja računalniške igre, s čimer so pilili svojo prostorsko predstavljenost. Za pomoč pri ugotavljanju prostorskih relacij so prejeli kocke, s katerimi so si lahko pomagali pri manipulacijah. Vključenih je bilo 16 učencev, 4 moški in 12 žensk. Razlika se je ugotavljala s testom pred opravljeno dejavnostjo in testom po opravljeni dejavnosti (PSVT:R). Trening je pripomogel k boljšemu rezultatu na

testu prostorske predstavljalivosti. V drugem delu raziskave, kjer je bilo vključenih 24 učencev (16 moških, 8 žensk), so se ugotovljale razlike z več testi prostorske predstavljalivosti: PSVT:R, MCT, DAT:SR in »Middle Grades Mathematics Project Spatial Visualization Test« (MGMP). Test je bil razdeljen v štiri sklope, od mentalnih rotacij, prepogibanja, presekov predmetov do izometrične projekcije. V vseh sklopih se je pri testu po opravljeni dejavnosti pokazal napredek, čeprav so najnižje rezultate (primerjava med testom pred dejavnostjo in po njej) dosegli na zadnjih dveh.

Med literaturo (Contero, Naya, Company in Saorin, 2006) najdemo tudi raziskave, ki temeljijo na iskanju primernih učnih metod za izboljšanje prostorske predstavljalivosti študentov tehničnih smeri. Vodilo je temeljilo na postavki prehoda 2D-tehnične skice na tabličnem (ali osebem) računalniku v proizvodnjo 3D-modelov. Ugotovljeno je bilo, da se pri teh aktivnostih in proučevanjih razvija tudi prostorska predstavljalivost. Prostorska predstavljalivost je bila testirana s testoma DAT:SR in MRT. Pri obeh se je pokazala razlika v prid rezultatom testa po opravljeni dejavnosti v primerjavi z rezultati testa pred opravljeno dejavnostjo, in to tako pri moških kot pri ženskah.

Zanimiva je lahko tudi primerjava (Yue, 2008) rezultatov testa PSVT med klasičnim izometričnim pogledom in realističnim 3D-pogledom. Ugotovljeno je bilo, da so testirane osebe dosegle višje rezultate na testu, kjer so bili predmeti prikazani realistično.

Zanimiv vpogled v problematiko nam ponuja tudi raziskava (Koch, 2006), kjer avtor proučuje, ali vizualizacijske sposobnosti učencev vplivajo na uspešno reševanje prostorskih problemov, ali ima uporaba programov za 3D-modeliranje večji učinek kot klasično tehnično risanje in ali uporaba programa za 3D-modeliranje povzroča razlike med študenti v nizkih vizualizacijskih in prostorskih sposobnostih pri reševanju tehničnega problema. Instrument za merjenje prostorske predstavljalivosti je predstavljal test PSVT:R. Eksperimentalno skupino je predstavljal 24, kontrolno pa 23 naključno izbranih študentov tehniških smeri na univerzi Southeast Missouri State University. Avtor je prvo ničelno hipotezo, ki je predvidevala, da prostorsko vizualne sposobnosti učencev ne vplivajo na uspešno rešitev tehničnega problema, zavrnil. Druge ničelne hipoteze, ki je predvidevala, da ne obstajajo razlike med študenti, ki uporabljajo računalniško opremo za modeliranje, in tistimi, ki uporabljajo klasično tehnično risanje pri izdelavi prototipa, ni zavrnil. Rezultati so pokazali, da se pri skupini, ki je uporabljala modelirnik, ni izboljšala sposobnost za reševanje konstrukcijskega problema. Tretja hipoteza, ki je predvidela, da študentje z nižjimi sposobnostmi vizualizacije ne bodo

dosegli boljšega rezultata z uporabo modelirnika kot z uporabo klasičnega tehničnega risanja pri izdelavi prototipa tehničnega problema, ni bila zavrnjena. V raziskavi je bilo tudi ugotovljeno, da ne obstajajo statistično značilne razlike med moškimi in ženskami na testu iz prostorske predstavljenosti.

Podobne ugotovitve glede morebitnih razlik med spoloma najdemo tudi v raziskavi (Titze, Heil in Jansen, 2008), kjer avtorji proučujejo razlike med spoloma glede na kompleksnost testa MRT oziroma zahtevnost miselnih rotacij in manipulacij za preizkušanje prostorske predstavljenosti. Ugotovljeno je bilo, da spol nima vpliva na omenjene dejavnike. V raziskavi je sodelovalo 300 oseb (150 moških, 150 žensk), starih od 18 do 35 let.

Pri pregledu literature in poizvedbi po bazah ne zasledimo raziskav učencev osnovnošolske populacije (11–15 let) ter vpliva zaznavnega učnega stila in učnega stila glede na možgansko hemisferičnost. Prav tako ne najdemo raziskav, ki bi ugotavljale vpliv posamezne vrste inteligentnosti po Gardnerju na razvijanje prostorske predstavljenosti s pomočjo 3D-modeliranja.

### **3 EMPIRIČNI DEL**

#### **3.1 METODOLOGIJA**

##### **3.1.1 RAZISKOVALNA METODA**

Raziskava temelji na eksperimentalni metodi empiričnega pedagoškega raziskovanja.

##### **3.1.2 MODEL EKSPERIMENTA**

Izveden je bil enofaktorski eksperiment z oddelki oziroma skupinami učencev kot primerjalnimi skupinami.

Eksperimentalni faktor ima dve modaliteti:

- Kontrolna skupina

V kontrolno skupino so bili izbrani učenci, ki niso sodelovali pri interesni dejavnosti 3D modeliranje. V večini primerov so bili to sošolci učencev, ki so interesno dejavnost izbrali. Ti učenci niso imeli stika s 3D modeliranjem, razen v nekaterih primerih, ko so pri predmetu tehnika in tehnologija uporabljali programsko opremo za 3D modeliranje v fazi načrtovanja izdelka. Po zagotovilih učiteljev, ki so sodelovali v eksperimentu, sta bili to največ dve pedagoški uri.

- Eksperimentalna skupina

V eksperimentalno skupino so bili vključeni učenci, ki so v tekočem šolskem letu obiskovali interesno dejavnost 3D-modeliranje. Pri interesni dejavnosti so modelirali na osnovi pravokotne in izometrične projekcije ter predmete iz okolja ter stavbe.

Pedagoški eksperiment je potekal dve šolski leti: 2011/2012 in 2012/2013. V vsakem od omenjenih šolskih let so sodelovali različni učenci kontrolne in eksperimentalne skupine.

Pred začetkom in po izvajanju eksperimenta se je preverjala prostorska predstavljenost učencev s preizkusom iz prostorske predstavljenosti. Oba preizkusa sta vsebovala enake skupine nalog.

Interesno dejavnost so izvajali učitelji tehnike in tehnologije iz 11 slovenskih osnovnih šol. Vsi so uporabljali brezplačno programsko opremo Google SketchUp (kasneje Trimble SketchUp). Pred izvajanjem eksperimenta smo ugotavljali tudi predhodno poznavanje 3D-modeliranja.

### 3.2 NAMEN RAZISKAVE

Izvedli smo eksperimentalno raziskavo, da bi preverili učinkovitost interesne dejavnosti 3D-modeliranje z vidika prostorske predstavljalivosti učencev, in sicer:

- prostorske predstavljalivosti v primeru rotacij likov v ravnini in
- prostorske predstavljalivosti v primeru rotacij v navideznem 3D-prostoru.

#### **Pri tem smo kontrolirali:**

- začetno stanje z vidika relevantnih dejavnikov, vezanih na učence kot posameznike (spol, razred, ocena pri TIT/NIT, uporabo programa za 3D-modeliranje, zaznavni stil, oceno prostorske inteligentnosti, oceno hemisferičnosti, dosežke na začetnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti) in
- učinke eksperimenta (razlike v dosežkih na končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti med eksperimentalno in kontrolno skupino, napredek učencev eksperimentalne skupine z vidika prostorske predstavljalivosti).

### 3.3 RAZISKOVALNE HIPOTEZE

#### **A. Hipoteze, vezane na začetno stanje**

H<sub>A1</sub>: Na začetnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti pri skupnem rezultatu ne bo razlik med eksperimentalno in kontrolno skupino.

H<sub>A2</sub>: Na delu začetnega preizkusa iz prostorske predstavljalivosti, pri katerem gre za rotacije likov v ravnini, ne bo razlik med eksperimentalno in kontrolno skupino.

H<sub>A3</sub>: Na delu začetnega preizkusa iz prostorske predstavljalivosti, pri katerem gre za rotacije predmetov v navideznem 3D-prostoru, ne bo razlik med eksperimentalno in kontrolno skupino.

H<sub>A4</sub>: Na začetnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti bodo učenci moškega spola dosegli boljše rezultate kot učenke ženskega spola.

H<sub>A5</sub>: Na začetnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti bodo učenci z vizualnim in kinestetičnim zaznavnim stilom dosegli boljše rezultate kot učenci z avditivnim zaznavnim stilom.



H<sub>A6</sub>: Na začetnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti bodo učenci 8. in 9. razreda dosegli boljše rezultate kot učenci 6. in 7. razreda.

## **B. Hipoteze, vezane na končno stanje**

H<sub>B1</sub>: Na končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti bodo učenci eksperimentalne skupine dosegli boljše rezultate kot učenci kontrolne skupine.

H<sub>B2</sub>: Na delu končnega preizkusa iz prostorske predstavljalivosti, pri katerem gre za rotacije likov v ravnini, bodo učenci eksperimentalne skupine dosegli boljše rezultate kot učenci kontrolne skupine.

H<sub>B3</sub>: Na delu končnega preizkusa iz prostorske predstavljalivosti, pri katerem gre za rotacije predmetov v navideznem 3D-prostoru, bodo učenci eksperimentalne skupine dosegli boljše rezultate kot učenci kontrolne skupine.

## **C. Hipoteze, vezane na razlike med začetnim in končnim stanjem eksperimentalne skupine**

H<sub>c1</sub>: Pri učencih eksperimentalne skupine bo na končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti zaznan napredek glede na začetni preizkus.

H<sub>c2</sub>: Pri učencih eksperimentalne skupine bo na delu končnega preizkusa iz prostorske predstavljalivosti, kjer gre za rotacije likov v ravnini, zaznan napredek glede na začetni preizkus.

H<sub>c3</sub>: Pri učencih eksperimentalne skupine bo na delu končnega preizkusa iz prostorske predstavljalivosti, kjer gre za rotacije predmetov v navideznem 3D-prostoru, zaznan napredek glede na začetni preizkus.

H<sub>c4</sub>: Pri učencih moškega in ženskega spola eksperimentalne skupine bo na končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti zaznan napredek glede na začetni preizkus.

H<sub>c5</sub>: Pri učencih vizualnega, kinestetičnega in avditivnega zaznavnega stila eksperimentalne skupine bo na končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti zaznan napredek glede na začetni preizkus.

H<sub>c6</sub>: Pri učencih eksperimentalne skupine, ki so se na samoocenitvenem vprašalniku ocenili, da je pri njih prostorska inteligentnost dobro razvita, in tistih, pri katerih prostorska

inteligentnost ni med bolj razvitimi sposobnostmi, bo na končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti zaznan napredek glede na začetni preizkus.

H<sub>c7</sub>: Pri učencih 6. in 7. razreda ter 8. in 9. razreda eksperimentalne skupine bo na končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti zaznan napredek glede na začetni preizkus.

H<sub>c8</sub>: Pri učencih eksperimentalne skupine, ki že imajo izkušnje s 3D-modeliranjem, in tistih, ki so se s 3D-modeliranjem srečali prvič, bo na končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti zaznan napredek glede na začetni preizkus.

H<sub>c9</sub>: Pri levohemisfernih, integrativnih in desnohemisfernih učencih eksperimentalne skupine bo na končnem preizkusu zaznan napredek glede na začetni preizkus.

H<sub>c10</sub>: Pri učencih, ki so pri predmetu tehnika in tehnologija ocenjeni z oceno odlično (5), ter pri učencih, ki so ocenjeni z ocenami prav dobro (4) ali manj, bo na končnem preizkusu zaznan napredek glede na začetni preizkus.

### **3.4 SPREMENLJIVKE**

V raziskavo so bile zajete naslednje spremenljivke:

- spol,
- razred,
- pogostost uporabe programa za 3D-modeliranje pred eksperimentom,
- ocena pri predmetu tehnika in tehnologija,
- dosežek na delu začetnega preizkusa, kjer gre za rotacije likov na ravnini,
- dosežek na delu začetnega preizkusa, kjer gre za rotacije predmetov v navideznem 3D-prostoru,
- skupni dosežek na začetnem preizkusu,
- dosežek na delu končnega preizkusa, kjer gre za rotacije likov na ravnini,
- dosežek na delu končnega preizkusa, kjer gre za rotacije predmetov v navideznem 3D-prostoru,
- skupni dosežek na končnem preizkusu,
- zaznavni stil,
- razvitost prostorske inteligentnosti po Gardnerju,
- možganska hemisferičnost,
- šola.

### 3.5 RAZISKOVALNI VZOREC

V raziskavi so sodelovali učenci 11 slovenskih osnovnih šol: OŠ Sava Kladnika Sevnica, OŠ Anice Černejeve Makole, OŠ Bistrica, OŠ Toneta Čufarja Maribor, OŠ Miklavž pri Ormožu, OŠ Destrnik, OŠ Antona Žnideršiča Ilirska Bistrica, OŠ Ivana Cankarja Vrhnika, OŠ Josipa Plemlja Bled, OŠ Mirana Jarca Ljubljana in OŠ Šalek Velenje.

**Tabela 14:** Število (f) in strukturni odstotki (f %) učencev po posameznih šolah

Šola	f	f %
OŠ SAVA KLADNIKA SEVNICA	15	7,7
OŠ ANICE ČERNEJEVE MAKOLE	58	29,5
OŠ BISTRICA	9	4,6
OŠ TONETA ČUFARJA MARIBOR	9	4,6
OŠ MIKLAVŽ PRI ORMOŽU	3	1,5
OŠ DESTRNIK	23	11,7
OŠ ANTONA ŽNIDERŠIČA ILIRSKA BISTRICA	6	3,1
OŠ IVANA CAKARJA VRHNIKA	51	26,0
OŠ JOSIPA PLEMLJA BLED	5	2,6
OŠ MIRANA JARCA LJUBLJANA	5	2,6
OŠ ŠALEK	12	6,1
SKUPAJ	196	100,0

Učencev, ki so reševali začetni ali končni preizkus, je bilo 318, tistih, ki so rešili oba preizkusa, pa 196. Tako je statistična analiza na empiričnem delu raziskave izvedena na reprezentativnem vzorcu 196 učencev.

**Tabela 15:** Število (f) učencev in strukturni odstotki (f %) učencev po posameznih razredih.

Razred	f	f %
6	57	29,1
7	33	16,8
8	92	46,9
9	14	7,2
Skupaj	196	100,0

V raziskovalni vzorec so bili vključeni učenci od 6. do 9. razreda.

**Tabela 16:** Število (f) in strukturni odstotek (f %) učencev po spolu

<b>Spol</b>	<b>f</b>	<b>f %</b>
Moški	107	54,6
Ženski	89	45,4
Skupaj	196	100,0

V vzorcu 196 učencev so prevladovali moški, bilo jih je 107, kar predstavlja 54,6 %, žensk je bilo 89 oziroma 45,4 %.

**Tabela 17:** Število (f) in strukturni odstotek (f %) učencev posamezne raziskovalne skupine

<b>Raziskovalna skupina</b>	<b>f</b>	<b>f %</b>
Eksperimentalna skupina	95	48,5
Kontrolna skupina	101	51,5
Skupaj	196	100,0

Od 196 učencev jih je 95 (48,5 %) predstavljalo eksperimentalno skupino, 101 (51,5 %) pa kontrolno skupino.

### **3.6 POSTOPKI ZBIRANJA PODATKOV**

#### **3.6.1 POTEK ZBIRANJA PODATKOV**

Podatki so bili zbrani:

- z izpolnjevanjem podatkov o učencu (spol, razred, šola, ocena pri TIT, pogostost uporabe programa, vključitev v interesno dejavnost – priloga 1),
- z začetnim preizkusom iz prostorske predstavljenosti (priloga 2),
- s končnim preizkusom iz prostorske predstavljenosti (priloga 3),
- s samoocenitvenim vprašalnikom o učno-zaznavnih stilih (priloga 4),
- s samoocenitvenim vprašalnikom o večvrstni inteligentnosti (priloga 5),
- s samoocenitvenim vprašalnikom »Tvoj stil učenja in razmišljanja«, s katerim se je ugotavljala dominantnost možganske hemisfere (priloga 6).

### **Zbiranje podatkov pred eksperimentom**

Eksperiment se je pričel izvajati v začetku šolskega leta 2011/2012 in nadaljeval v šolskem letu 2012/2013. Vključeni so bili učenci različnih osnovnih šol, izbrani na podlagi prijav učiteljev, ki so se odločili za izvajanje interesne dejavnosti 3D-modeliranje. V eksperimentu so sodelovali učenci, ki so se prijavili k interesni dejavnosti 3D-modeliranje in so predstavljali eksperimentalno skupino, ter naključno izbrani učenci na teh istih šolah, ki omenjene dejavnosti niso obiskovali in so predstavljali kontrolno skupino.

Pred izvajanjem eksperimenta so vsi učenci rešili začetni preizkus iz prostorske predstavljalivosti ter samoocenični vprašalnik o učno-zaznavnih stilih in večvrstni inteligentnosti.

### **Zbiranje podatkov po eksperimentu**

Eksperimentalna skupina učencev je izvajala 3D-modeliranje s programsko opremo SketchUp. Učenci so modelirali na podlagi pravokotne in izometrične projekcije ter predmete iz okolja. V šolskem letu 2012/2013 so se s programom usposabljali drugi učenci kot leto poprej. Po eksperimentu so učenci tako eksperimentalne kot kontrolne skupine rešili končni preizkus iz prostorske predstavljalivosti, ki je vseboval enake skupine nalog kot začetni preizkus. Rešili so tudi samoocenični vprašalnik »Tvoj stil učenja in razmišljanja«.

## **3.6.2 VSEBINSKO-METODOLOŠKE ZNAČILNOSTI PREIZKUSOV IN VPRAŠALNIKOV**

### **Vsebinsko-metodološke značilnosti začetnega in končnega preizkusa iz prostorske predstavljalivosti**

Na začetnem (priloga 2) in končnem (priloga 3) preizkusu iz prostorske predstavljalivosti je bilo možno doseči 16 točk, vsebovala pa sta 14 nalog. Posamezne naloge končnega preizkusa so se od nalog začetnega preizkusa razlikovale (vrsta nalog je bila enaka) in so bile razdeljene v dva sklopa. Prvi sklop je predstavljal naloge, pri katerih je šlo za manipulacije z liki v ravnini, v drugem sklopu pa so bile naloge, ki so zahtevale miselne rotacije predmetov v navideznem tridimenzionalnem prostoru.

Pri 1. nalogi je bilo treba poiskati identične pare likov iz »skupine 1« in »skupine 2«. Liki v skupini 2 so bili na drugih pozicijah kot liki iz skupine 1 in rotirani na ravnini. Pri tej nalogi je bilo možno osvojiti 3 točke. Če je učenec pravilno ugotovil 24 ali 25 parov, je osvojil 3 točke,

za 21, 22 in 23 parov je prejel 2 točki in za 18, 19 ali 20 pravilno ugotovljenih parov 1 točko. Če je pravilno ugotovil manj kot 18 parov, ni prejel točk.

Pri nalogah 2 in 3 je bila ena od oblik (A–D) identična sliki na levi, vendar rotirana na ravnini. Treba je bilo ugotoviti, katera od štirih ponujenih oblik (A–D) je identična ponujeni sliki na levi. Pri teh dveh nalogah so morali učenci izvajati miselne manipulacije v dveh dimenzijah. Za vsako pravilno rešitev se je prejela 1 točka. Naloge spadajo med t. i. teste PRT (Picture Rotation Test).

Pri nalogah 4 in 5 je učenec moral ugotavljati, katero skupino likov (A–D) lahko sestavimo, da dobimo sliko lika, ki je bil prikazan na sliki, ali obratno, katera oblika (A–D) se lahko sestavi z deli, ki so bili prikazanimi na sliki. Učenec je moral izvajati miselne premike posameznih likov ter jih sestaviti v celoto, oziroma reverzibilne miselne operacije, pri katerih je lik kot celoto razdelil na posamezne dele. Na voljo je imel štiri ponujene možnosti. Za vsako pravilno rešitev je prejel po 1 točko.

Nalogi 6 in 7 sta zahtevali, da učenec ugotovi, kateri vzorec (A–D) mora zložiti, da dobi prikazano kocko na sliki. Nalogi že zahtevata miselne manipulacije v treh dimenzijah. Učenec se lahko loti reševanja naloge na dva načina, tako da iz že sestavljene kocke z miselnimi manipulacijami išče njeno ustrezno mrežo, ali obratno, da z miselnimi operacijami obračanja in sestavljanja posamezne mreže ugotovi ustreznost rešitve. Test uvrščamo med t. i. teste DAT:SR (Differential Aptitude Test: Space Relations). Za vsako pravilno rešitev je učenec prejel 1 točko.

Pri nalogi 8 je skica prikazovala list papirja, ki je bil preložen. Prekinjene črte so prikazovale začetno stanje, vsaka risba pa posamezen pregib. Črni kvadrat je kazal na mesto, kjer je bila narejena luknja. Ugotoviti je bilo treba, katero je to mesto (A–D) na listu papirja, ki ni prepognjen. Ponujeni so bili štiri odgovori, med katerimi se je učenec odločil za enega. Pri nalogi gre za nekakšen prehod med dvo- in tridimenzionalnimi miselnimi manipulacijami. Za pravilno rešitev se je prejela 1 točka.

Pri nalogah 9 in 10 je šlo za ugotavljanje, katera predmeta na slikah (A–D) ustrežata predmetu na levi sliki. Med ponujenimi štirimi odgovori se je učenec lahko odločil za enega. Nalogi sta primera razumevanja prostorskih odnosov in razumevanja rotacij tridimenzionalnega predmeta na dvodimenzionalnem mediju. Učenec je moral izvajati prostorske miselne operacije in si predstavljati, kakšen bi bil videti predmet, če bi ga obrnili za določen kot.

Izmed štirih ponujenih primerov sta bila dva identična predmetu na levi. Kot je ugotavljal Roger Shepard (povz. po Gardner, 2010), je čas, ki je potreben za rešitev naloge, premosorazmeren s številom rotacij. Nalogi spadata v tip nalog, ki jih imenujemo MRT (Mental Rotation Test). Za vsako pravilno rešitev pri teh dveh nalogah je učenec prejel po 1 točko.

Nalogi 11 in 12 sta zahtevali, da je učenec ugotovil, kateri predmet na sliki (A–D) ustreza mreži predmeta. Pri teh dveh nalogah lahko najdemo določene vzporednice z nalogama 6 in 7, s to razliko, da gre tukaj za reverzibilne miselne operacije kot pri omenjenih dveh nalogah in zahtevnejšo zgradbo predmeta. Tukaj ne gre za miselne rotacije, ampak za sestavljanje v celoto, prav tako pa si je treba predstavljati, kakšen je predmet videti iz različnih kotov. Potrebno je tudi razumevanje velikostnih razredov. Za vsako pravilno rešitev se je prejela 1 točka.

Pri nalogah 13 in 14 je šlo za ugotavljanje izidov rotacij. Če prvi predmet rotiramo do določene pozicije, je treba ugotoviti, kateri predmet na sliki (A–E) ustreza drugemu predmetu, če ga rotiramo enako kot prvega. Nalogi spadata v skupino nalog, ki jih imenujemo PSVT:R (Purdue Spatial Visualization Test: Rotations). Za pravilno rešitev so potrebne relativno zahtevne miselne manipulacije. Predvsem gre za spacialno razumevanje in spretnost miselnih rotacij. Pri večjem številu teh je tudi zahtevnost naloge večja. Za pravilno rešitev se je prejela 1 točka.

### **Vsebinsko-metodološke značilnosti samooceničvenega vprašalnika o učno-zaznavnih stilih**

S samooceničvenim vprašalnikom o učno-zaznavnih stilih (Čop, 2008) se je ugotavljalo, kateri zaznavni stil uporablja posamezni učenec: vizualni, kinestetični ali avditivni.

Učenci so pri 33 trditvah presojali, v kolikšni meri posamezna velja za njih same. Pri vsaki trditvi so zapisali številko glede na strinjanje, od številke 5 (skoraj vedno) do številke 1 (skoraj nikoli). Učence lahko, glede na sprejemanje informacij, klasificiramo v tri učno-zaznavne tipe: vizualnega (vidnega), kinestetičnega (telesno-gibalnega) in avditivnega (slušnega). Pri učencih je lahko določen stil bolj ali manj dominanten, spet pri drugih pa lahko pride med stili do večjega prekrivanja in je učenca težje razvrstiti v enega izmed omenjenih učno-zaznavnih tipov.

V zbirni tabeli so bile zbrane točke za posamezne trditve iz samooceničvenega vprašalnika o učno-zaznavnih stilih. Na podlagi tendence seštevka točk se je določil zaznavni tip učenca. Obstajajo tudi primeri, kjer za posameznega učenca nismo mogli z gotovostjo opredeliti njegovega učno-zaznavnega stila. To se je zgodilo, če smo pri dveh ali celo vseh treh stilih dobili enak seštevek točk.

### **Vsebinsko-metodološke značilnosti samooceničvenega vprašalnika o večvrstnih inteligentnostih**

S pomočjo vprašalnika samoocene večvrstne inteligentnosti (Čop, 2008) se je ugotavljalo, katera vrsta inteligentnosti je pri posameznem učencu bolj razvita. Pri trditvah od 1 do 28 je učenec s številko 1 označil, če posamezna trditev velja tudi zanj, s številko 0 pa, če ta za njega ne velja.

Klasifikacija je potekala glede na Gardnerjevo (2010) opredelitev večvrstne inteligentnosti. Tako se je izražalo sedem vrst inteligentnosti, ki so se pri posameznih učencih bolj ali manj prepletale.

V zbirni tabeli je vsota točk prikazala tendenco k posamezni vrsti inteligentnosti za določenega učenca. Pri vsaki inteligentnosti je bilo moč doseči štiri točke. Tako so učenci, ki so imeli pri trditvah, ki so značilne za prostorsko razmišljanje, vsaj tri točke, bili opredeljeni kot tisti z relativno dobro razvito prostorsko inteligentnostjo.

### **Vsebinsko-metodološke značilnosti samooceničvenega vprašalnika »Tvoj stil učenja in razmišljanja« za ugotavljanje dominantnosti možganske hemisfere**

Za potrebe eksperimenta, pri katerem se je določala dominantnost določene možganske hemisfere pri načinih razmišljanja, se je kot merilni instrument uporabil samooceničveni vprašalnik »A Children's form of Your Style of Learning and Thinking« (Reynolds, Kaltsounis in Torrance, 1979, povz. po Peklaj, 1995, str. 179), oblika A za otroke, ki ga je priredila Cirila Peklaj (»Tvoj stil učenja in razmišljanja«). Samooceničveni vprašalnik je vseboval 36 sklopov različnih trditev, ki se nanašajo na načine razmišljanja o stvareh in občutkih. Vsak sklop vsebuje tri različne odgovore, pri katerih se učenec opredeli za enega od teh. Vsaka od treh trditev je značilna za posamezno vrsto razmišljanja, torej ali je dominantna leva ali desna možganska hemisfera. Tretjo možnost predstavlja način, pri katerem ne moremo posebej opredeliti dominantnosti ene od hemisfer in te osebe poimenujemo integrativni tip. Vseh možnih točk na samooceničvenem vprašalniku je bilo 36, odstopanje



levo- ali desnohemisfernih odgovorov je prikazalo tendenco glede na dominantnost ene od hemisfer.

Pri določanju hemisferičnosti določenega učenca so bila hierarhično postavljena določena pravila:

- iskala se je tendenca proti levohemisfernim oziroma desnohemisfernim,
- če je bilo desnohemisfernih (levohemisfernih) odgovorov za dve točki več kot levohemisfernih (desnohemisfernih), ne glede na število integrativnih odgovorov, se je učenec opredelil kot desnohemisferni (levohemisferni) tip,
- učenec je bil opredeljen kot integrativni tip, če je bilo levohemisfernih in desnohemisfernih odgovorov enako število (oz. +/-1) ali če so integrativni odgovori ekstremno odstopali (+6 točk ali več).

### 3.7 ANALIZA POSAMEZNIH NALOG ZAČETNEGA PREIZKUSA IZ PROSTORSKE PREDSTAVLJIVOSTI Z VIDIKA TEŽAVNOSTI

**Tabela 18:** Indeks težavnosti (p %) in diskriminativnosti ( $r_{pb}$ ) za posamezne naloge začetnega preizkusa iz prostorske predstavljalivosti

Naloge	ES		KS	
	p %	$r_{pb}$	p %	$r_{pb}$
1.	50,5	0,663	56,4	0,602
2.	89,5	0,231	90,1	0,282
3.	43,2	0,295	46,5	0,485
4.	65,3	0,356	68,3	0,255
5.	24,2	0,152	40,6	-0,033
6.	63,2	0,466	62,4	0,415
7.	79,0	0,329	85,2	0,278
8.	59,0	0,453	65,4	0,453
9.	44,2	0,399	46,5	0,403
10.	21,1	0,282	22,8	0,224
11.	35,8	0,340	40,6	0,238
12.	45,3	0,237	44,6	0,269
13.	27,4	0,453	28,7	0,353
14.	23,2	0,132	39,6	0,446

Indeks težavnosti se giblje od 21,1 % do 90,1 %.

Na začetnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti sta se za lažji nalogi izkazali 2. (za obe skupini) in 7. (za kontrolno skupino) naloga, če vzamemo, da je naloga primerna, če za indeks težavnosti velja  $25 \% \leq p \% \leq 85 \%$ . Za najtežjo nalogo se je izkazala 10. naloga (pri obeh skupinah) ter nalogi 5 (24,2 %) in 14 (23,2 %) pri učencih eksperimentalne skupine. Ostale naloge so z vidika težavnosti, po zgoraj zapisanemu kriteriju, primerne.

Če za sprejemljivo vrednost indeksa diskriminativnosti vzamemo  $r_{pb} \geq 0,2$ , se izkaže, da sta na začetnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti s tega vidika manj primerni nalogi 5 (za obe skupini) in 14 (za eksperimentalno skupino).

### 3.8 ANALIZA POSAMEZNIH NALOG KONČNEGA PREIZKUSA IZ PROSTORSKE PREDSTAVLJIVOSTI Z VIDIKA TEŽAVNOSTI

**Tabela 19:** Indeks težavnosti ( $p \%$ ) in diskriminativnosti ( $r_{pb}$ ) za posamezne naloge končnega preizkusa iz prostorske predstavljalivosti

Naloge	ES		KS	
	$p \%$	$r_{pb}$	$p \%$	$r_{pb}$
1.	65,3	0,538	48,5	0,592
2.	73,7	0,399	50,5	0,415
3.	90,5	0,318	72,3	0,398
4.	90,5	0,330	82,2	0,437
5.	41,1	0,340	12,9	0,233
6.	45,3	0,297	27,7	0,444
7.	77,9	0,439	53,5	0,493
8.	57,9	0,376	27,7	0,568
9.	65,3	0,381	52,5	0,534
10.	60,0	0,390	33,7	0,619
11.	76,8	0,452	65,4	0,413
12.	69,5	0,367	48,5	0,520
13.	53,7	0,397	30,7	0,460
14.	47,4	0,298	31,7	0,460

Indeks težavnosti se giblje od 12,9 % do 90,5 %.

Na končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti sta se za lažji nalogi izkazali 3. in 4. naloga (pri eksperimentalni skupini). Za najtežjo nalogo se je izkazala naloga 5 (12,9 %) pri učencih kontrolne skupine. Ostale naloge na preizkusu so z vidika težavnosti primerne, če za indeks težavnosti velja  $25 \% \leq p \% \leq 85 \%$ .

Če za sprejemljivo vrednost indeksa diskriminativnosti vzamemo  $r_{pb} \geq 0,2$ , se izkaže, da so vse naloge končnega preizkusa iz prostorske predstavljalivosti s tega vidika primerne.

### **3.9 MERSKE KARAKTERISTIKE PREIZKUSA PROSTORSKE PREDSTAVLJIVOSTI**

#### **Zanesljivost**

Za ugotavljanje zanesljivosti preizkusa (začetnega in končnega) je bil uporabljen Cronbachov koeficient alfa ( $\alpha$ ) ter ob upoštevanju zakonitosti  $r_{tt} \geq \sqrt{h^2}$  tudi izid faktorizacije. Koeficient zanesljivosti po Cronbachu 0,745 in odstotek s skupnimi faktorji pojasnjene variance 57,5 ( $r_{tt} \geq 0,758$ ) kažeta, da je preizkus iz prostorske predstavljalivosti v meji sprejemljive zanesljivosti.

#### **Objektivnost**

Objektivnost je bila zagotovljena tako (Ivanuš Grmek, Čagran in Sadek, 2009), da so testatorji prejeli podrobna navodila za reševanje (uvodna navodila, dovoljeni pripomočki, odsotnost nudenja pomoči, dajanja pohval ali graj). Učenci so za reševanje preizkusa imeli na voljo 35 minut. Kriterij vrednotenja nalog je bil enoten.

#### **Veljavnost**

Preizkus iz prostorske predstavljalivosti je bil sestavljen glede na znane skupine testov iz prostorske predstavljalivosti: »Pari«, PRT (Picture Rotation Test), Form Board Test, The Punched Holes Test ali Paper Folding Test, DAT:SR (Differential Aptitude Test: Space Relations), The Surface Development Test, MRT (Mental Rotation Test), PSVT:R (Purdue Spatial Visualization Test: Rotations). Pri vseh nalogah so za pravilno rešitev morale biti uporabljene miselne manipulacije.

S preizkusom smo želeli ugotoviti, kakšna je pri učencih stopnja razumevanje odnosov pri posameznih geometrijskih likih glede na rotacije v ravnini in predmetih glede na rotacije v navideznem 3D-prostoru. Vsi preizkusi so bili ovrednoteni po enotnem kriteriju, na začetnem in končnem preizkusu je bilo možno osvojiti 16 točk.

Preizkus je bil preizkušen s pilotsko raziskavo med šolskim letom 2010/2011, v kateri je sodelovalo 22 učencev (10 moških in 12 žensk), od katerih jih je 14 predstavljalo eksperimentalno skupino, 8 pa kontrolno.

### **3.10 POSTOPKI OBDELAVE PODATKOV**

Podatki so bili obdelani s programom SPSS. Uporabili smo naslednje postopke:

- frekvenčne distribucije (f, f%),
- indeks težavnosti testnih nalog,
- indeks diskriminativnosti testnih nalog,
- Cronbachov koeficient zanesljivosti alfa,
- faktorska analiza za preverjanje merskih karakteristik preizkusa,
- t-preizkus za neodvisne vzorce,
- t-preizkus za odvisne vzorce.

### **3.11 REZULTATI OBDELAVE PODATKOV IN NJIHOVA INTERPRETACIJA**

#### **3.11.1 ANALIZA ZAČETNEGA STANJA**

Da bi zagotovili notranjo veljavnost eksperimenta (Ivanuš Grmek, Čagran in Sadek, 2009), torej možnost pripisovanja ugotovljenih razlik med eksperimentalno in kontrolno skupino dejanskim učinkom 3D-modeliranja, ne pa obstoječim začetnim razlikam med skupinama, smo kontrolirali začetno stanje z vidika naslednjih dejavnikov, vezanih na učence kot posameznike:

- spol učencev,
- razred (6., 7., 8., 9.),
- ocena pri TIT/NIT,
- uporaba programa pred dejavnostjo 3D-modeliranje,
- ocena zaznavnega stila učenca,
- ocena razvitosti prostorske inteligentnosti,
- ocena možganske hemisferičnosti,
- dosežek na začetnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti (2D, 3D, skupaj – preizkušanje hipotez  $H_{A1}$  do  $H_{A6}$ ).

## Spol učencev

Podatke o spolu učenca smo povzeli iz zapisa učenca na preizkusu.

**Tabela 20:** Število (f) in strukturni odstotki (f %) učencev eksperimentalne skupine (ES) in kontrolne (KS) skupine glede na spol

Spol \ Skupina	ES		KS		Skupno	
	f	f %	f	f %	f	f %
Moški	63	66,3	44	43,6	107	54,6
Ženske	32	33,7	57	56,4	89	45,4
Skupno	95	100,0	101	100,0	196	100,0

Dejavnost 3D-modeliranje je opredeljena kot tehnična interesna dejavnost. Torej so se v njo vključevali učenci po lastnem interesu. Večje zanimanje za dejavnost se je pokazalo pri učencih moškega spola. V celotnem raziskovalnem vzorcu je tako bilo nekaj več učencev (54,6 %) kot učenek (45,4 %), so pa v kontrolni skupini nekoliko prevladovali učenke ženskega spola (56,4 %).

## Razred

Podatke o razredu učenca smo povzeli iz zapisa učenca na preizkusu.

**Tabela 21:** Število (f) in strukturni odstotki (f %) učencev eksperimentalne (ES) in kontrolne (KS) skupine glede na razred

Razred \ Skupina	ES		KS		Skupno	
	f	f %	f	f %	f	f %
6.	28	29,5	29	28,7	57	29,1
7.	17	17,9	16	15,8	33	16,8
8.	38	40,0	54	53,3	92	46,9
9.	12	12,6	2	2,0	14	7,1
Skupno	95	100,0	101	100,0	196	100,0

V dejavnost so bili vključeni učenci od 6. do 9. razreda, izmed katerih jih je bilo najmanj iz 9. razreda, največ pa iz 8. Tehnika in tehnologija sicer v 9. razredu ni v predmetniku osnovne šole. Omenjene učence lahko po Piagetovi (Labinowicz, 2010) klasifikaciji kognitivnega razvoja opredelimo v stopnjo formalnih operacij. Če upoštevamo klasifikacijo Andreasa Demetrioua (povz. po Demetriou in Raftopoulos, 2004), lahko glede na imaginacijsko-spacialno zaznavanje učence 6. in 7. razreda združimo v eno skupino, učence 8. in 9. razreda pa v drugo. Seveda pa je treba, zaradi večkrat zapisanih dejstev, te klasifikacije jemati z veliko mero rezerve.

Primerjalni skupini sta z vidika starosti učencev dokaj izenačeni.

### Ocena pri TIT/NIT

Podatke o oceni učenca smo povzeli iz zapisa učenca na preizkusu.

**Tabela 22:** Število (f) in strukturni odstotki (f %) učencev eksperimentalne (ES) in kontrolne (KS) skupine glede na oceno pri predmetu tehnika in tehnologija (TIT) oziroma naravoslovje in tehnika (NIT) v predhodnem šolskem letu

Ocena \ Skupina	ES		KS		Skupno	
	f	f %	f	f %	f	f %
Ni odgovoril	9	9,5	17	16,8	26	13,3
Zadostno (2)	1	1,0	3	3,0	4	2,0
Dobro (3)	4	4,2	10	9,9	14	7,1
Prav dobro (4)	23	24,2	30	29,7	53	27,0
Odlično (5)	58	61,1	41	40,6	99	50,5
Skupno	95	100,0	101	100,0	196	100,0

Učenci so med podatki navedli tudi oceno pri predmetu tehnika in tehnologija oziroma naravoslovje in tehnika (učenci 6. razreda) v predhodnem šolskem letu. Ne glede na skupino prevladujejo učenci z odlično oceno, kar pove, da so se za to dejavnost pogosteje odločali odlični učenci. Približno 60 % učencev eksperimentalne skupine je imelo oceno odlično (5), približno četrtina učencev pa oceno prav dobro (4). V kontrolni skupini je bilo, v primerjavi z

eksperimentalno skupino, približno 20 % učencev manj z oceno odlično (5) in nekaj več z ocenama dobro (3) in prav dobro (4).

### Uporaba programa pred dejavnostjo 3D-modeliranje

Podatke o izkušnjah glede uporabe programa za 3D-modeliranje smo povzeli iz zapisa učenca na preizkusu.

**Tabela 23:** Število (f) in strukturni odstotki (f %) učencev eksperimentalne (ES) in kontrolne (KS) skupine glede uporabe programa pred dejavnostjo 3D-modeliranje

Uporaba programa \ Skupina	ES		KS		Skupno	
	f	f %	f	f %	f	f %
Ni odgovoril	4	4,2	3	3,0	7	3,6
Redno	21	22,1	1	1,0	22	11,2
Občasno	27	28,4	30	29,7	57	29,1
Nikoli	43	45,3	67	66,3	110	56,1
Skupno	95	100,0	101	100,0	196	100,0

Učenci so pred dejavnostjo programsko opremo za 3D-modeliranje uporabljali različno pogosto. Več kot polovica učencev programa pred eksperimentom ni uporabljala nikoli. Opažamo tudi, da se je v dejavnost vključilo več učencev, ki so program za 3D-modeliranje uporabljali že prej.

## Ocena zaznavnega stila učenca

Podatke o zaznavnem stilu smo dobili na podlagi samoocenitvenega vprašalnika o učno-zaznavnih stilih (Čop, 2008)

**Tabela 24:** Število (f) in strukturni odstotki (f %) učencev eksperimentalne (ES) in kontrolne (KS) skupine glede na zaznavni tip učenca

Zaznavni stil \ Skupina	ES		KS		Skupno	
	f	f %	f	f %	f	f %
Ni odgovora, ni moč opredeliti	20	21,0	9	8,9	29	14,8
Vizualni tip učenca	31	32,6	38	37,6	69	35,2
Kinestetični tip učenca	24	25,3	21	20,8	45	23,0
Avditivni tip učenca	20	21,1	33	32,7	53	27,0
Skupno	95	100,0	101	100,0	196	100,0

Učenci so bili razvrščeni v tri zaznavne tipe glede na sprejemanje informacij: vizualni, kinestetični in avditivni tip. Pri opredelitvi učnega stila se je upoštevala tendenca k določenemu zaznavnemu stilu. Kljub vsemu pa pri nekaterih ni bilo moč opredeliti določenega zaznavnega stila, saj so pri dveh ali celo treh dosegli enako število točk. Nekaj učencev tega vprašalnika ni izpolnilo. Največ učencev eksperimentalne skupine se je opredelilo kot vizualni tip, kar je glede na dejavnost, ki so jo izvajali, logično. 3D-modeliranje je aktivnost, ki temelji na vizualnem zaznavanju, zato je te učence najbolj pritegnila. Najmanjši vpis v interesno dejavnost je bil med učenci kinestetičnega tipa.



## Ocena razvitosti prostorske inteligentnosti

Podatke o razvitosti prostorske inteligentnosti smo dobili na podlagi vprašalnika samoocene večvrstne inteligentnosti (Čop, 2008).

**Tabela 25:** Število (f) in strukturni odstotki (f %) učencev eksperimentalne (ES) in kontrolne (KS) skupine glede na razvitost prostorske inteligentnosti na osnovi samooceničvenega vprašalnika

Prostorska inteligentnost \ Skupina	ES		KS		Skupno	
	f	f %	f	f %	f	f %
Ni odgovoril	2	2,1	3	3,0	5	2,6
DA	61	64,2	44	43,5	105	53,6
NE	32	33,7	54	53,5	86	43,9
Skupno	95	100,0	101	100,0	196	100,0

Med učenci se je na osnovi samooceničvenega vprašalnika (Čop, 2008) ugotavljalo, katera vrsta inteligentnosti je pri njih bolj izražena. Skoraj dve tretjini učencev eksperimentalne skupine se je opredelilo, da je pri njih prostorska inteligentnost relativno dobro razvita. Ker je bila dejavnost 3D-modeliranje izbirnega tipa, je logično, da so se vanjo vključevali učenci, ki so jim prostorske predstave bližje. Po drugi strani se je več učencev kontrolne skupine opredelilo, da pri njih prostorska inteligentnost ni med bolj razvitimi.

### Ocena možganske hemisferičnosti

Podatke o dominantnosti ene od možganskih hemisfer smo dobili na podlagi samooceničnega vprašalnika »Tvoj stil učenja in razmišljanja« (Marentič Požarnik, Magajna in Peklaj, 1995).

**Tabela 26:** Število (f) in strukturni odstotki (f %) učencev eksperimentalne (ES) in kontrolne (KS) skupine glede na možgansko hemisferičnost

Možganska hemisferičnost \ Skupina	ES		KS		Skupno	
	f	f %	f	f %	f	f %
Ni odgovoril	9	9,5	50	49,5	59	30,1
Levohemisferični tip učenca	17	17,9	13	12,9	30	15,3
Integrativni tip učenca	40	42,1	17	16,8	57	29,1
Desnohemisferični tip učenca	29	30,5	21	20,8	50	25,5
Skupno	95	100,0	101	100,0	196	100,0

Največ učencev se je v vprašalniku opredelilo kot integrativni tip, nekaj manj pa kot desnohemisferni. Še večja tendenca proti desnohemisfernemu razmišljanju se je pokazala med učenci eksperimentalne skupine. Ker je desna možganska hemisfera odgovorna za prostorske predstave in je bila dejavnost 3D-modeliranje izbrana glede na interes učencev, je logično, da so jo ti učenci tudi v večji meri izbirali. Petdeset učencev kontrolne skupine, kar predstavlja skoraj polovico vseh, tega vprašalnika sploh ni rešilo.

### 3.11.2 PREIZKUŠANJE HIPOTEZ, VEZANIH NA ZAČETNO STANJE

#### - PREIZKUŠANJE HIPOTEZE $H_{A1}$

$H_{A1}$ : Na začetnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti pri skupnem rezultatu ne bo razlik med skupinama.

**Tabela 27:** Izid t-preizkusa za preverjanje razlik v skupnem rezultatu iz prostorske predstavljalivosti med učenci eksperimentalne (ES) in kontrolne (KS) skupine pred eksperimentom

Skupina	Numerus n	Aritmetična sredina $\bar{x}$	Standardni odklon s	Preizkus homogenosti varianc		Preizkus razlik aritmetičnih sredin	
				F	P	t	P
ES	95	7,62	2,718	0,002	0,965	-1,956	0,052
KS	101	8,38	2,686				

Predpostavka o homogenosti varianc, na kateri temelji uporaba t-preizkusa, je upravičena ( $F = 0,002$ ;  $P = 0,965$ ).

Kakor kaže izid t-preizkusa na začetnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti med učenci eksperimentalne in kontrolne skupine, ni statistično značilnih razlik ( $t = -1,956$ ;  $P = 0,052$ ).

Na preizkusu iz prostorske predstavljalivosti, ki se je izvajal pred eksperimentom, so višje povprečje točk dosegli celo učenci kontrolne ( $\bar{x} = 8,38$ ) kot eksperimentalne ( $\bar{x} = 7,62$ ) skupine.

Hipoteza je potrjena.

- PREIZKUŠANJE HIPOTEZE  $H_{A2}$

**$H_{A2}$ :** Na delu začetnega preizkusa iz prostorske predstavljalivosti, pri katerem gre za rotacije likov v ravnini, ne bo razlik med skupinama (eksperimentalni, kontrolni).

**Tabela 28:** Izid t-preizkusa za preverjanje razlik rezultata iz prostorske predstavljalivosti na delu začetnega preizkusa, pri katerem gre za rotacije likov v ravnini, med učenci eksperimentalne (ES) in kontrolne (KS) skupine pred eksperimentom

Skupina	Numerus n	Aritmetična sredina $\bar{x}$	Standardni odklon s	Preizkus homogenosti varianc		Preizkus razlik aritmetičnih sredin	
				F	P	t	P
ES	95	4,23	1,759	0,002	0,966	-1,759	0,080
KS	101	4,67	1,756				

Predpostavka o homogenosti varianc, na kateri temelji uporaba t-preizkusa, je upravičena ( $F = 0,002$ ;  $P = 0,966$ ).

Kakor kaže izid t-preizkusa na delu začetnega preizkusa iz prostorske predstavljalivosti, pri katerem gre za rotacije likov v ravnini, med učenci eksperimentalne in kontrolne skupine ni statistično značilnih razlik ( $t = -1,759$ ;  $P = 0,080$ ).

Tudi na delu preizkusa iz prostorske predstavljalivosti, kjer je šlo za rotacije likov v ravnini, so višje povprečje točk dosegli učenci kontrolne ( $\bar{x} = 4,67$ ) kot eksperimentalne ( $\bar{x} = 4,23$ ) skupine.

Hipoteza je potrjena.

- PREIZKUŠANJE HIPOTEZE  $H_{A3}$

**$H_{A3}$ : Na delu začetnega preizkusa iz prostorske predstavljalivosti, pri katerem gre za rotacije predmetov v navideznem 3D-prostoru, ne bo razlik med skupinama (eksperimentalno in kontrolno)**

**Tabela 29:** Izid t-preizkusa za preverjanje razlik rezultata iz prostorske predstavljalivosti na delu začetnega preizkusa, pri katerem gre za rotacije predmetov v navideznem 3D-prostoru, med učenci eksperimentalne (ES) in kontrolne (KS) skupine pred eksperimentom

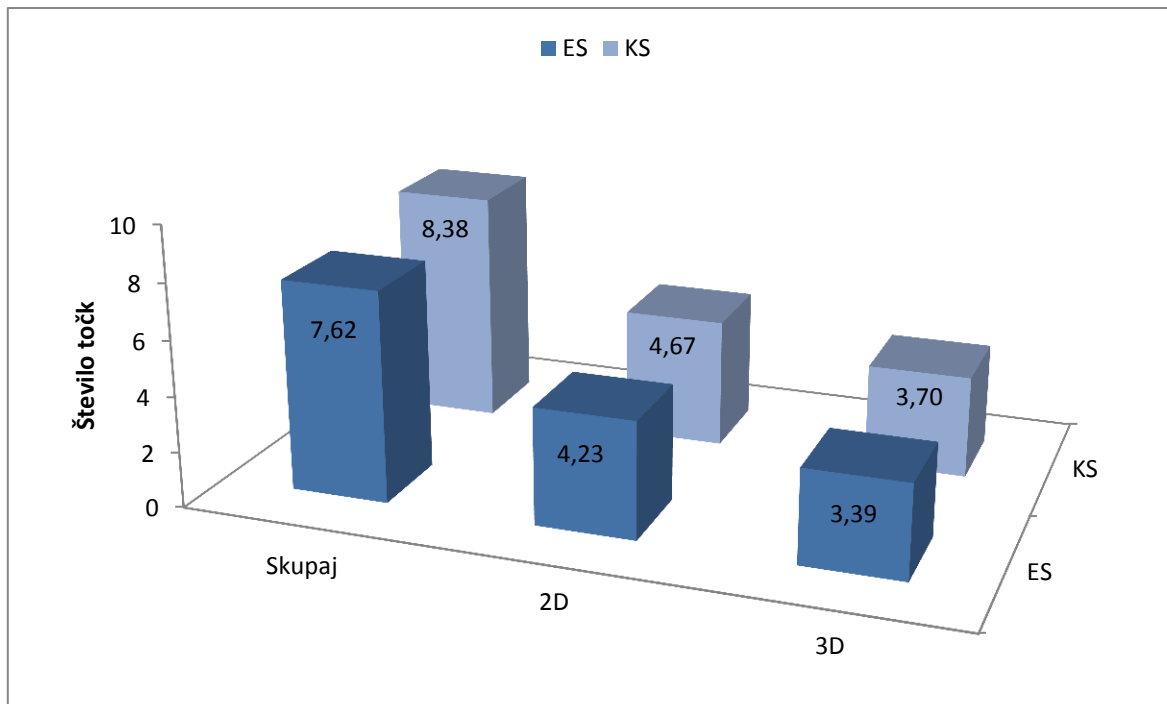
Skupina	Numerus n	Aritmetična sredina $\bar{x}$	Standardni odklon s	Preizkus homogenosti varianc		Preizkus razlik aritmetičnih sredin	
				F	P	t	P
ES	95	3,39	1,525	0,008	0,928	-1,416	0,158
KS	101	3,70	1,572				

Predpostavka o homogenosti varianc, na kateri temelji uporaba t-preizkusa, je upravičena ( $F = 0,008$ ;  $P = 0,928$ ).

Kakor kaže izid t-preizkusa na delu začetnega preizkusa iz prostorske predstavljalivosti, pri katerem gre za rotacije predmetov v navideznem 3D-prostoru, med učenci eksperimentalne in kontrolne skupine ni statistično značilnih razlik ( $t = -1,416$ ;  $P = 0,158$ ).

Prav tako so na delu preizkusa iz prostorske predstavljalivosti, kjer je šlo za rotacije predmetov v navideznem 3D-prostoru, višje povprečje točk dosegli učenci kontrolne ( $\bar{x} = 3,70$ ) kot eksperimentalne ( $\bar{x} = 3,39$ ) skupine. Če upoštevamo dejstvo, da je bilo pri obeh delnih izidih preizkusa možno osvojiti enako število točk, in sicer 8, opazimo da so pri nalogah, kjer je šlo za miselne manipulacije v navideznem 3D-prostoru, učenci obeh skupin v povprečju dosegli nižje število točk kot v delu preizkusa, kjer je šlo za rotacije likov v ravnini.

Hipoteza je potrjena.



**Slika 43:** Aritmetična sredina doseženih točk na posameznih nivojih začetnega preizkusa iz prostorske predstavljalivosti eksperimentalne (ES) in kontrolne (KS) skupine

Iz grafične predstavitve na sliki 43 je razvidno, da je kontrolna (KS) skupina v vseh treh primerih na začetnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti (skupno število točk in število točk, kjer gre za rotacije predmetov v ravnini ter navideznem 3D-prostoru) dosegla višje rezultate od eksperimentalne (ES) skupine, vendar razlike niso izrazite.

- PREIZKUŠANJE HIPOTEZE  $H_{A4}$

$H_{A4}$ : Na začetnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti bodo učenci moškega spola dosegli boljše rezultate kot učenke ženskega spola.

**Tabela 30:** Izid t-preizkusa za preverjanje razlik v skupnem rezultatu iz prostorske predstavljalivosti med spoloma pred eksperimentom

Spol	Numerus n	Aritmetična sredina $\bar{x}$	Standardni odklon s	Preizkus homogenosti varianc		Preizkus razlik aritmetičnih sredin	
				F	P	t	P
Moški	107	7,98	2,692	0,597	0,441	-0,163	0,871
Ženski	89	8,04	2,771				

Predpostavka o homogenosti varianc, na kateri temelji uporaba t-preizkusa, je upravičena ( $F = 0,597$ ;  $P = 0,441$ ).

Kakor kaže izid t-preizkusa začetnega preizkusa iz prostorske predstavljalivosti, med spoloma ni statistično značilnih razlik ( $t = -0,163$ ;  $P = 0,871$ ).

Povprečje doseženih točk na začetnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti kaže, da med spoloma skoraj ni bilo razlik. Nekoliko uspešnejše so celo bile učenke ( $\bar{x} = 8,04$ ) kot učenci ( $\bar{x} = 7,98$ ).

Hipoteza je zavrnjena.

- PREIZKUŠANJE HIPOTEZE  $H_{A5}$

**$H_{A5}$ : Na začetnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti bodo učenci z vizualnim in kinestetičnim zaznavnim stilom dosegli boljše rezultate kot učenci z avditivnim zaznavnim stilom.**

**Tabela 31:** Izid t-preizkusa za preverjanje razlik v skupnem rezultatu iz prostorske predstavljalivosti med zaznavnimi stili

Zaznavni stil	Numerus n	Aritmetična sredina $\bar{x}$	Standardni odklon s	Preizkus homogenosti varianc		Preizkus razlik aritmetičnih sredin	
				F	P	t	P
Vizualni in kinestetični	114	8,41	2,834	6,949	0,009	2,256	0,026
Avditivni	53	7,51	2,181				

Ker predpostavka o homogenosti varianc, na kateri temelji t-preizkus, ni upravičena ( $F = 6,949$ ;  $P = 0,009$ ), se sklicujemo na izid aproksimativne metode t-preizkusa. Ta kaže ( $t = 2,256$ ;  $P = 0,026$ ), da v skupnem rezultatu na začetnem preizkusu obstaja statistično značilna razlika med učenci z vizualno-kinestetičnim in avditivnim stilom. Uspešnejši, kakor kažejo povprečja, so bili učenci z vizualnim in kinestetičnim zaznavnim stilom.

Nekateri (29 učencev) samoocnitvenega vprašalnika niso rešili ali iz rezultatov ni bilo možno določiti, kateri zaznavni stil je pri njih dominanten. Zato so bili pri analizi rezultatov ti učenci v tem delu izločeni.

Hipoteza je potrjena.



- PREIZKUŠANJE HIPOTEZE  $H_{A6}$

$H_{A6}$ : Na začetnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti bodo učenci 8. in 9. razreda dosegli boljše rezultate kot učenci 6. in 7. razreda.

**Tabela 32:** Izid t-preizkusa za preverjanje razlik v skupnem rezultatu prostorske predstavljalivosti glede na razred

Razred	Numerus n	Aritmetična sredina $\bar{x}$	Standardni odklon s	Preizkus homogenosti varianc		Preizkus razlik aritmetičnih sredin	
				F	P	t	P
6., 7.	90	7,77	2,327	7,482	0,007	-1,180	0,240
8., 9.	106	8,22	3,011				

V tem primeru predpostavka o homogenosti varianc ni upravičena ( $F = 7,482$ ;  $P = 007$ ) in namesto običajnega t-preizkusa uporabljamo izid aproksimacije ( $t = -1,180$ ;  $P = 0,240$ ). Razlika med učenci 6., 7. razreda in 8., 9. razreda ni statistično značilna, različno stari učenci so torej bili na začetnem preizkusu podobno uspešni.

Hipoteza je bila postavljena na osnovi Piagetove klasifikacije otrok glede na razvijanje prostorske predstavljalivosti in klasifikacije Demetrioua. Tako bi lahko učence 6. in 7. razreda po Piagetu umestili v začetno fazo stopnje formalnih operacij, učence 8. in 9. razreda pa v zaključno. Kljub vsemu se statistično značilne razlike ne pojavljajo, opazamo pa tendenco višjega dosežka povprečja doseženih točk učencev 8. in 9. ( $\bar{x} = 8,22$ ) nasproti učencem 6. in 7. ( $\bar{x} = 7,77$ ) razreda. Pri opredelitvi učencev se je treba zavedati, da prehod med posameznimi stopnjami ni stopničast pa tudi kognitivni razvoj otroka temelji na več dejavnikih, ki so v veliki meri pogojeni z adaptacijo. Vrsto kritik Piagetove klasifikacije nam dobljeni rezultati samo potrjujejo.

Hipoteza je zavrnjena.

### 3.11.3 ANALIZA KONČNEGA STANJA

Preverili smo razlike med primerjalnima skupinama (eksperimentalno, kontrolno) v dosežkih na preizkusu iz prostorske predstavljenosti ( $H_{B1}$  do  $H_{B3}$ ) in specifično v eksperimentalni skupini napredek učencev v času eksperimenta z vidika prostorske predstavljenosti ( $H_{C1}$  do  $H_{C10}$ ).

### 3.11.4 PREIZKUŠANJE HIPOTEZ, VEZANIH NA KONČNO STANJE

#### - PREIZKUŠANJE HIPOTEZE $H_{B1}$

**$H_{B1}$ : Na končnem preizkusu iz prostorske predstavljenosti bodo učenci eksperimentalne skupine dosegli boljše rezultate kot učenci kontrolne skupine.**

**Tabela 33:** Izid t-preizkusa za preverjanje razlik v skupnem rezultatu prostorske predstavljenosti med učenci eksperimentalne (ES) in kontrolne (KS) skupine po eksperimentu

Skupina	Numerus n	Aritmetična sredina $\bar{x}$	Standardni odklon s	Preizkus homogenosti varianc		Preizkus razlik aritmetičnih sredin	
				F	P	t	P
ES	95	10,32	2,826	5,292	0,022	6,393	< 0.001
KS	101	7,39	3,566				

Ker predpostavka o homogenosti varianc, na kateri temelji t-preizkus, ni upravičena ( $F = 5,292$ ;  $P = 0,022$ ), se sklicujemo na izid aproksimativne metode t-preizkusa. Ta kaže ( $t = 6,393$ ;  $P < 0.001$ ), da pri skupnem rezultatu preizkusa iz prostorske predstavljenosti obstaja statistično značilna razlika med učenci eksperimentalne in kontrolne skupine.

Na končnem preizkusu so učenci eksperimentalne skupine v povprečju dosegli več točk ( $\bar{x} = 10,32$ ) kot učenci kontrolne skupine ( $\bar{x} = 7,39$ ), s tem da so bili slednji v začetnem stanju celo v prednosti pred eksperimentalno skupino.

Hipoteza je potrjena.

- PREIZKUŠANJE HIPOTEZE  $H_{B2}$

**$H_{B2}$ :** Na delu končnega preizkusa iz prostorske predstavljalivosti, pri katerem gre za rotacije likov v ravnini, bodo učenci eksperimentalne skupine dosegli boljše rezultate kot učenci kontrolne skupine.

**Tabela 34:** Izid t-preizkusa za preverjanje razlik rezultata iz prostorske predstavljalivosti na delu končnega preizkusa, kjer gre za rotacije likov v ravnini, med učenci eksperimentalne (ES) in kontrolne (KS) skupine po eksperimentu

Skupina	Numerus n	Aritmetična sredina $\bar{x}$	Standardni odklon s	Preizkus homogenosti varianc		Preizkus razlik aritmetičnih sredin	
				F	P	t	P
ES	95	5,36	1,663	1,411	0,236	5,542	< 0.001
KS	101	3,95	1,878				

V tem primeru je predpostavka o homogenosti varianc, na kateri temelji t-preizkus, upravičena ( $F = 1,411$ ;  $P = 0,236$ ).

Kakor kaže izid t-preizkusa na delu končnega preizkusa iz prostorske predstavljalivosti, kjer gre za rotacije likov v ravnini, obstajajo med učenci eksperimentalne in kontrolne skupine statistično značilne razlike ( $t = 5,542$ ;  $P < 0.001$ ).

Pri primerjavi povprečja doseženih točk na tem delu preizkusa ugotovimo, da so učenci eksperimentalne skupine ( $\bar{x} = 5,36$ ) dosegli več točk kot učenci kontrolne skupine ( $\bar{x} = 3,95$ ).

Hipoteza je potrjena.

- PREIZKUŠANJE HIPOTEZE  $H_{B3}$

**$H_{B3}$ :** Na delu končnega preizkusa iz prostorske predstavljalnosti, pri katerem gre za rotacije predmetov v navideznem 3D-prostoru, bodo učenci eksperimentalne skupine dosegli boljše rezultate kot učenci kontrolne skupine.

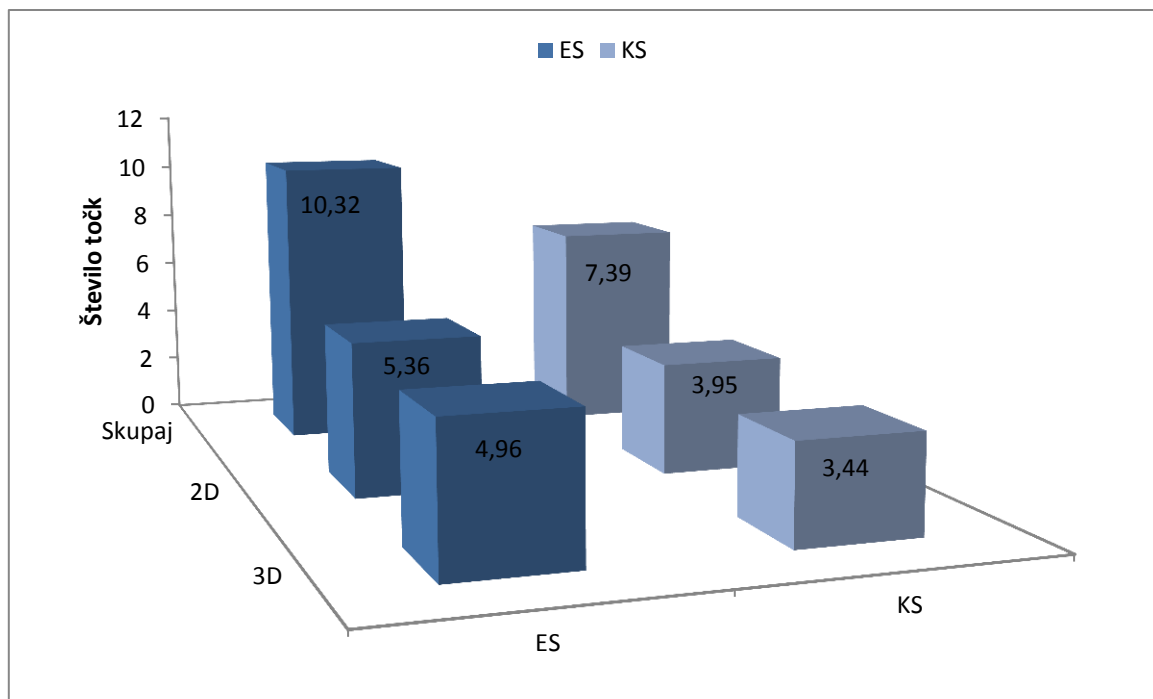
**Tabela 35:** Izid t-preizkusa za preverjanje razlik rezultata iz prostorske predstavljalnosti na delu končnega preizkusa, kjer gre za rotacije predmetov v navideznem 3D-prostoru, med učenci eksperimentalne (ES) in kontrolne (KS) skupine po eksperimentu

Skupina	Numerus n	Aritmetična sredina $\bar{x}$	Standardni odklon s	Preizkus homogenosti varianc		Preizkus razlik aritmetičnih sredin	
				F	P	t	P
ES	95	4,96	1,669	6,326	0,013	5,666	< 0.001
KS	101	3,44	2,080				

Ker predpostavka o homogenosti varianc, na kateri temelji t-preizkus, ni upravičena ( $F = 6,326$ ;  $P = 0,013$ ), se sklicujemo na izid aproksimativne metode t-preizkusa. Ta kaže ( $t = 5,666$ ;  $P < 0.001$ ), da obstaja statistično značilna razlika med učenci eksperimentalne in kontrolne skupine na delu končnega preizkusa, kjer gre za rotacije predmetov v navideznem 3D-prostoru.

Primerjava povprečnih rezultatov kaže, da so tudi na tem delu preizkusa učenci eksperimentalne skupine ( $\bar{x} = 4,96$ ) v povprečju dosegli več točk kot učenci kontrolne skupine ( $\bar{x} = 3,44$ ).

Hipoteza je potrjena.



**Slika 44:** Aritmetična sredina doseženih točk na posameznih nivojih končnega preizkusa iz prostorske predstavljalivosti eksperimentalne (ES) in kontrolne (KS) skupine

Iz grafične predstavitev končnega preizkusa je razvidno, da so rezultati eksperimentalne (ES) skupine v vseh treh primerih (skupno število točk in število točk, kjer gre za rotacije predmetov v ravnini ter navideznem 3D-prostoru) nad kontrolno (KS) skupino. Razlike so očitne, sploh če upoštevamo dejstvo, da je bila eksperimentalna skupina na začetnem preizkusu slabša od kontrolne skupine.

### 3.11.5 PREIZKUŠANJE HIPOTEZ, VEZANIH NA RAZLIKE MED ZAČETNIM IN KONČNIM STANJEM V EKSPERIMENTALNI SKUPINI

#### - PREIZKUŠANJE HIPOTEZE $H_{C1}$

$H_{C1}$ : Pri učencih eksperimentalne skupine bo na končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti zaznan napredek glede na začetni preizkus.

**Tabela 36:** Izid t-preizkusa za preverjanje razlik rezultata iz prostorske predstavljalivosti med začetnim in končnim stanjem

Preizkus (skupaj)	Numerus n	Aritmetična sredina $\bar{x}$	Standardni odklon s	Preizkus razlik aritmetičnih sredin	
				t	P
Začetni	95	7,62	2,718	-10,818	< 0.001
Končni	95	10,32	2,826		

Izid t-preizkusa razlik aritmetičnih sredin kaže, da obstajajo statistično značilne razlike med začetnim in končnim stanjem skupnega rezultata preizkusa iz prostorske predstavljalivosti ( $t = -10,818$ ;  $P < 0.001$ ).

Pri primerjavi povprečnih rezultatov eksperimentalne skupine na celotnem preizkusu ugotovimo, da so bili na končnem preizkusu ( $\bar{x} = 10,32$ ) doseženi boljši rezultati kot na začetnem ( $\bar{x} = 7,62$ ).

Hipoteza je potrjena.

- PREIZKUŠANJE HIPOTEZE  $H_{C2}$

**$H_{C2}$ :** Pri učencih eksperimentalne skupine bo na delu končnega preizkusa iz prostorske predstavljalivosti, kjer gre za rotacije likov v ravnini, zaznan napredek glede na začetni preizkus.

**Tabela 37:** Izid t-preizkusa za preverjanje razlik rezultata med začetnim in končnim stanjem na delu preizkusa iz prostorske predstavljalivosti, pri katerem gre za rotacije likov v ravnini

Preizkus (2D)	Numerus n	Aritmetična sredina $\bar{x}$	Standardni odklon s	Preizkus razlik aritmetičnih sredin	
				t	P
Začetni	95	4,23	1,759	-6,472	< 0.001
Končni	95	5,36	1,663		

Izid t-preizkusa razlik aritmetičnih sredin kaže, da obstajajo statistično značilne razlike med začetnim in končnim stanjem rezultata na delu preizkusa iz prostorske predstavljalivosti, kjer gre za rotacije likov v ravnini ( $t = -6,472$ ;  $P < 0.001$ ).

Na delu preizkusa, kjer je šlo za rotacije likov v ravnini, so učenci eksperimentalne skupine na končnem preizkusu ( $\bar{x} = 5,36$ ) dosegli boljše rezultate kot na začetnem ( $\bar{x} = 4,23$ ).

Hipoteza je potrjena.

- PREIZKUŠANJE HIPOTEZE  $H_{C3}$

**$H_{C3}$ :** Pri učencih eksperimentalne skupine bo na delu končnega preizkusa iz prostorske predstavljalivosti, kjer gre za rotacije predmetov v navideznem 3D-prostoru, zaznan napredek glede na začetni preizkus.

**Tabela 38:** Izid t-preizkusa za preverjanje razlik rezultata med začetnim in končnim stanjem na delu preizkusa iz prostorske predstavljalivosti, kjer gre za rotacije predmetov v navideznem 3D-prostoru

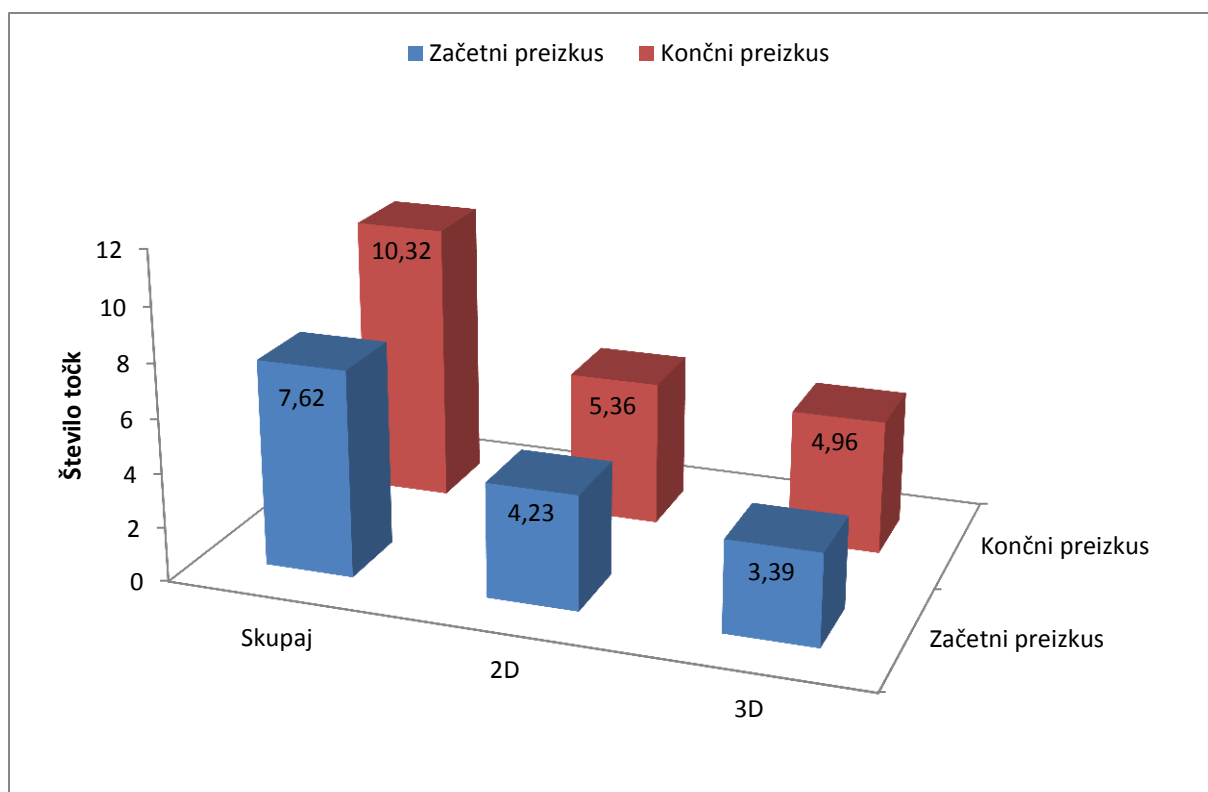
Preizkus (3D)	Numerus n	Aritmetična sredina $\bar{x}$	Standardni odklon s	Preizkus razlik aritmetičnih sredin	
				t	P
Začetni	95	3,39	1,525	-9,134	< 0.001
Končni	95	4,96	1,669		

Izid t-preizkusa razlik aritmetičnih sredin kaže, da obstajajo statistično značilne razlike med začetnim in končnim stanjem rezultata na delu preizkusa iz prostorske predstavljalivosti, kjer gre za rotacije predmetov v navideznem 3D-prostoru ( $t = -9,134$ ;  $P < 0.001$ ).

Pri primerjavi povprečnih rezultatov eksperimentalne skupine na delu končnega preizkusa, kjer je šlo za rotacije predmetov v navideznem 3D-prostoru, ugotovimo, da so učenci dosegli višje število točk na končnem ( $\bar{x} = 4,96$ ) kot na začetnem preizkusu ( $\bar{x} = 3,39$ ).

Hipoteza je potrjena.





**Slika 45:** Razlike v aritmetičnih sredinah povprečja doseženih točk eksperimentalne skupine na posameznih nivojih začetnega in končnega preizkusa iz prostorske predstavljalivosti

Iz grafičnega prikaza na sliki 45 je razvidno, da so učenci na obeh nivojih (v številu točk, kjer gre za rotacije predmetov v ravnini in navideznem 3D-prostoru) in v skupnem rezultatu preizkusa iz prostorske predstavljalivosti dosegli vidni napredek v prostorski predstavljalivosti po končani dejavnosti 3D-modeliranje.

## PREIZKUŠANJE HIPOTEZE $H_{C4}$

$H_{C4}$ : Pri učencih moškega in ženskega spola eksperimentalne skupine bo na končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti zaznan napredek glede na začetni preizkus.

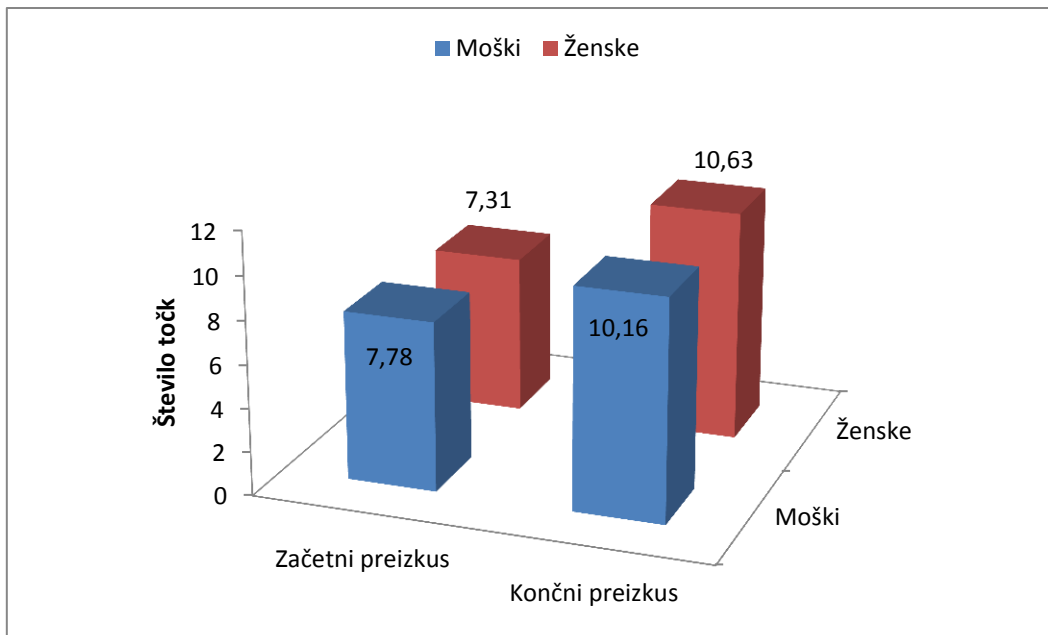
**Tabela 39:** Izid t-preizkusa za preverjanje razlik rezultata med začetnim in končnim stanjem pri moških (M) in ženskah (Ž)

Spol	Preizkus	Numerus n	Aritmetična sredina $\bar{x}$	Standardni odklon s	Preizkus razlik aritmetičnih sredin	
					t	P
M	Začetni	63	7,78	2,721	-7,727	< 0.001
	Končni	63	10,16	2,835		
Ž	Začetni	32	7,31	2,729	-8,125	< 0.001
	Končni	32	10,63	2,826		

Iz t-preizkusa razlik aritmetičnih sredin ugotovimo, da obstajajo statistično značilne razlike med začetnim in končnim preizkusom iz prostorske predstavljalivosti tako pri učencih moškega ( $t = -7,727$ ;  $P < 0.001$ ) kot ženskega ( $t = -8,125$ ;  $P < 0.001$ ) spola.

V povprečju so učenci moškega spola eksperimentalne skupine na končnem preizkusu zbrali 2,38 točk več kot na začetnem, učenke pa 3,32 več. Ugotovimo, da so učenke ženskega spola pokazale točkovno večji napredek zaradi 3D-modeliranja na preizkusu iz prostorske predstavljalivosti.

Hipoteza je potrjena.



**Slika 46:** Razlike v aritmetičnih sredinah povprečja doseženih točk eksperimentalne skupine na začetnem in končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti učencev moškega in ženskega spola

Iz grafičnega prikaza na sliki 46 je razvidno, da so tako učenci moškega kot ženskega spola pokazali napredek na končnem preizkusu v primerjavi z začetnim. Večji napredek so celo, v nasprotju z nekaterimi tradicionalnimi vidiki, pokazale učenke, ki so na začetnem preizkusu dosegle nižje število točk kot učenci, na končnem pa so jih presegle. Iz tega lahko sklepamo, da je 3D-modeliranje imelo celo nekoliko večji vpliv na razvijanje prostorske predstavljalivosti pri učenkah kot pri učencih. Sicer pa je dejavnost pokazala pozitivne učinke glede prostorske predstavljalivosti pri obeh spolih.

- PREIZKUŠANJE HIPOTEZE  $H_{C5}$

$H_{C5}$ : Pri učencih vizualnega, kinestetičnega in avditivnega zaznavnega stila eksperimentalne skupine bo na končnem preizkusu iz prostorske predstavljalnosti zaznan napredek glede na začetni preizkus.

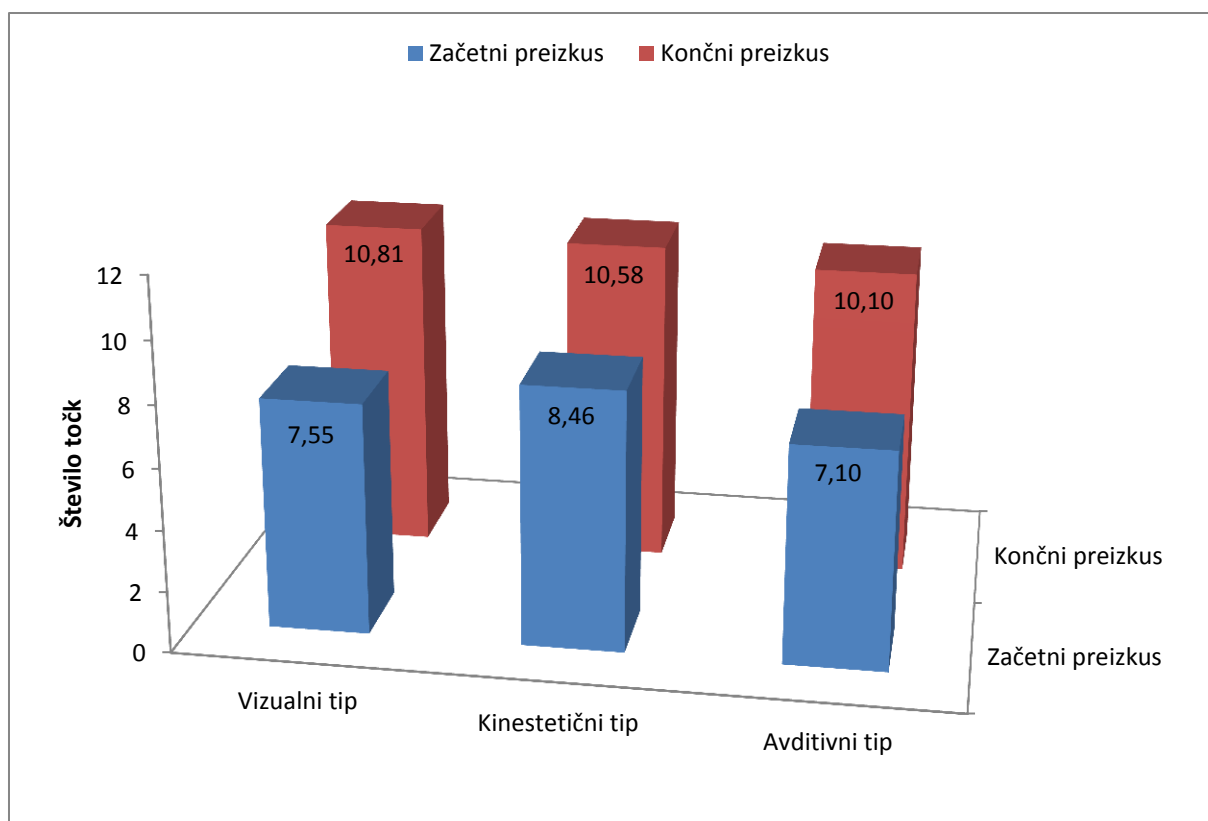
**Tabela 40:** Izid t-preizkusa za preverjanje razlik rezultata med začetnim in končnim stanjem pri vizualnem (V), kinestetičnem (K) in avditivnem (A) tipu učenca

Zaznavni stil	Preizkus	Numerus n	Aritmetična sredina $\bar{x}$	Standardni odklon s	Preizkus razlik aritmetičnih sredin	
					t	P
V	Začetni	31	7,55	2,694	-7,062	< 0.001
	Končni	31	10,81	2,774		
K	Začetni	24	8,46	3,134	-4,546	< 0.001
	Končni	24	10,58	3,348		
A	Začetni	20	7,10	1,651	-5,384	< 0.001
	Končni	20	10,10	2,337		

Iz t-preizkusa razlik aritmetičnih sredin ugotovimo, da obstajajo statistično značilne razlike med začetnim in končnim preizkusom iz prostorske predstavljalnosti tako pri učencih vizualnega zaznavnega stila ( $t = -7,062$ ;  $P < 0.001$ ) kot pri učencih kinestetičnega ( $t = -4,546$ ;  $P < 0.001$ ) in avditivnega ( $t = -5,384$ ;  $P < 0.001$ ) zaznavnega stila.

V povprečju so učenci vizualnega tipa na končnem preizkusu iz prostorske predstavljalnosti dosegli 3,26 točke več kot na začetnem, kinestetiki 2,12 točke več in učenci avditivnega tipa 3,00 točke več.

Hipoteza je potrjena.



**Slika 47:** Razlike v aritmetičnih sredinah povprečja doseženih točk eksperimentalne skupine na začetnem in končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti vizualnih, kinestetičnih in avditivnih tipov učencev

Iz grafičnega prikaza na sliki 47 je razvidno, da so vsi trije zaznavni tipi učencev pokazali napredek v prostorski predstavljalivosti na končnem preizkusu. Glede povprečnega števila točk so najmanjši napredek pokazali učenci kinestetičnega tipa, kar gre pripisati dejstvu, da so to gibalno aktivni učenci, za katere sklepamo, da so zaradi same dejavnosti, ki poteka za računalnikom, imeli težave s koncentracijo v določenih fazah aktivnosti.

Ugotovimo lahko, da je avditivni tip učencev na obeh preizkusih sicer dosegal najnižje število točk med vsemi tremi skupinami, vendar če primerjamo napredek v njihovi prostorski predstavljalivosti od prvega do drugega preizkusa, lahko vidimo, da v povprečju doseženih točk le malo zaostajajo za vizualnimi tipi.

Za vse tri skupine učencev lahko opazimo, da je 3D-modeliranje primerna dejavnost, ki pozitivno vpliva na njihovo prostorsko predstavljalivost.

## PREIZKUŠANJE HIPOTEZE $H_{C6}$

$H_{C6}$ : Pri učencih eksperimentalne skupine, ki so se na samoocenitvenem vprašalniku ocenili, da je pri njih prostorska inteligentnost dobro razvita, in tistih, pri katerih prostorska inteligentnost ni med bolj razvitimi sposobnostmi, bo na končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti zaznan napredek glede na začetni preizkus.

**Tabela 41:** Izid t-preizkusa za preverjanje razlik rezultata med začetnim in končnim stanjem pri učencih, ki so se na samoocenitvenem vprašalniku ocenili, da je pri njih prostorska inteligentnost dobro razvita, in tistih, pri katerih prostorska predstavljalivost ni med bolj razvitimi sposobnostmi

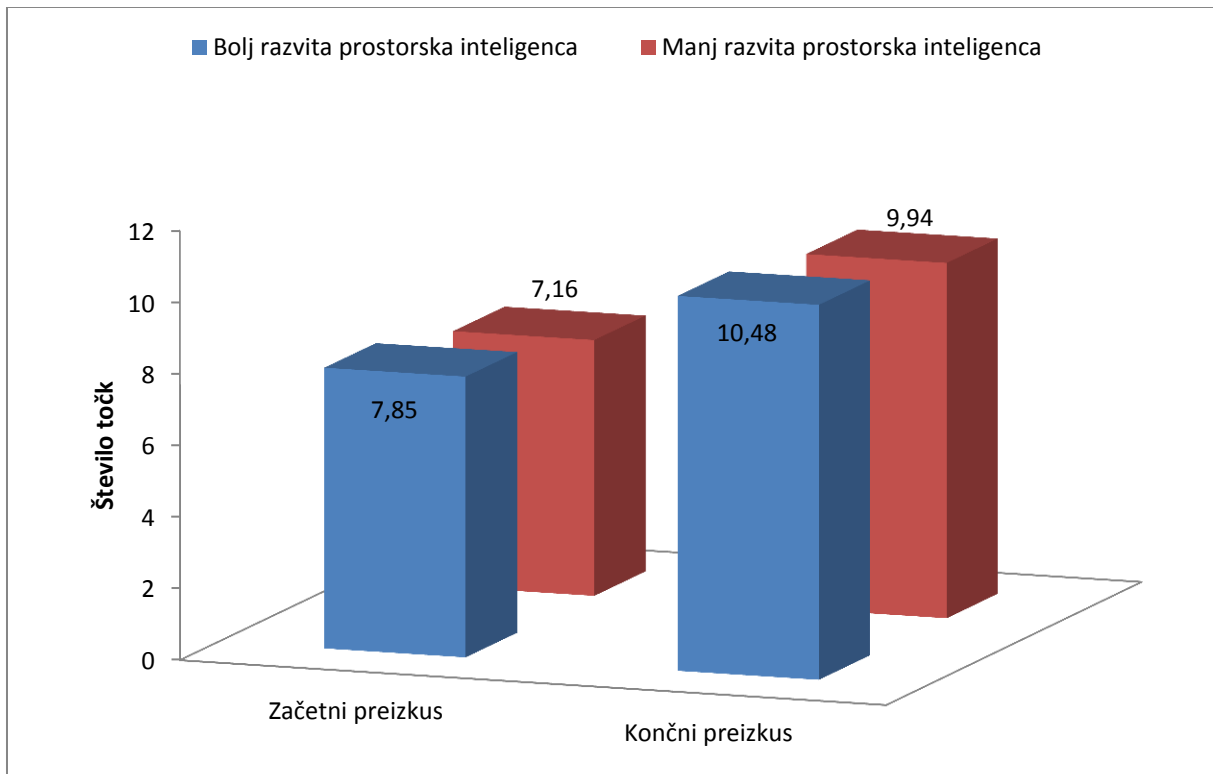
Prostorska inteligentnost	Preizkus	Numerus n	Aritmetična sredina $\bar{x}$	Standardni odklon s	Preizkus razlik aritmetičnih sredin	
					t	P
Razvita	Začetni	61	7,85	2,909	-8,291	< 0.001
	Končni	61	10,48	2,992		
Manj razvita	Začetni	32	7,16	2,329	-6,894	< 0.001
	Končni	32	9,94	2,539		

Iz t-preizkusa razlik aritmetičnih sredin ugotovimo, da obstajajo statistično značilne razlike med začetnim in končnim preizkusom iz prostorske predstavljalivosti tako pri učencih, ki so se na samoocenitvenem vprašalniku opredelili, da je pri njih prostorska inteligentnost dobro razvita ( $t = -8,291$ ;  $P < 0.001$ ), kot pri tistih, katerih rezultati samoocentvenega vprašalnika so pokazali, da pri njih prostorska inteligentnost ni med bolj razvitimi ( $t = -6,894$ ;  $P < 0.001$ ).

Če primerjamo samo povprečje doseženih točk, vidimo, da so učenci z bolj razvito prostorsko inteligentnostjo dosegali na končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti 2,63 točke več kot na začetnem, učenci z manj razvito prostorsko inteligentnostjo pa celo 2,78 točke več.

Tako lahko ugotovimo, da je 3D-modeliranje tudi glede na različno razvite prostorske inteligentnosti ciljnih skupin primerna dejavnost za razvijanje prostorske predstavljalivosti.

Hipoteza je potrjena.



**Slika 48:** Razlike v aritmetičnih sredinah povprečja doseženih točk eksperimentalne skupine učencev, ki so se na samoocenitvenem vprašalniku ocenili, da je pri njih prostorska inteligentnost dobro razvita, in tistih, pri katerih prostorska inteligentnost ni med bolj razvitimi sposobnostmi, na začetnem in končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti

Na grafičnem prikazu na sliki 48 je vidno, da sta na končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti oba tipa učencev izboljšala dosežek glede na začetno stanje. V obeh fazah preizkušanja je vidna razlika med učenci, ki pa ni izrazita. Pomembnejše je dejstvo, da so vsi učenci na končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti pokazali napredek.

## PREIZKUŠANJE HIPOTEZE $H_{C7}$

$H_{C7}$ : Pri učencih 6. in 7. razreda ter 8. in 9. razreda eksperimentalne skupine bo na končnem preizkusu iz prostorske predstavljenosti zaznan napredek glede na začetni preizkus.

**Tabela 42:** Izid t-preizkusa za preverjanje razlik rezultata med začetnim in končnim stanjem učencev 6. in 7. razreda ter 8. in 9. razreda

Razred	Preizkus	Numerus n	Aritmetična sredina $\bar{x}$	Standardni odklon s	Preizkus razlik aritmetičnih sredin	
					t	P
6., 7.	Začetni	45	7,49	2,293	-7,565	< 0.001
	Končni	45	9,91	2,466		
8., 9.	Začetni	50	7,74	3,069	-7,837	< 0.001
	Končni	50	10,68	3,093		

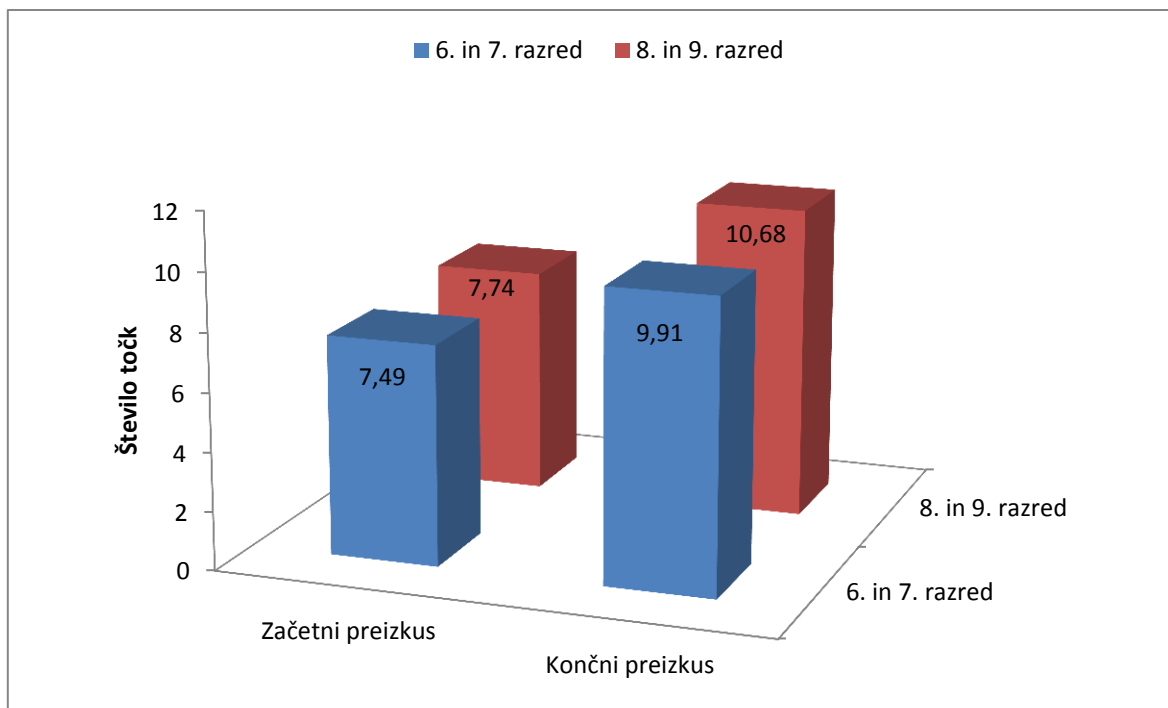
Iz t-preizkusa razlik aritmetičnih sredin ugotovimo, da obstajajo statistično značilne razlike med začetnim in končnim preizkusom iz prostorske predstavljenosti tako pri učencih 6. in 7. razreda ( $t = -7,565$ ;  $P < 0.001$ ) kot pri učencih 8. in 9. razreda ( $t = -7,837$ ;  $P < 0.001$ ).

Pri primerjavi povprečja doseženih točk opazimo, da so učenci 6. in 7. razreda eksperimentalne skupine na končnem preizkusu iz prostorske predstavljenosti dosegli 2,42 točke več kot na začetnem, učenci 8. in 9. razreda pa 2,94 točke več.

Po razvrstitvi Demetrioua vsi testirani učenci že imajo zmožnost abstraktnih predstav slik in predmetov, učenci 7. in 8. razreda že lahko kažejo izvirnost pri tem, kako si predstavljajo znane in neznane slike in predmete, učenci 9. razreda pa prehajajo v fazo, ko so zmožni miselnih manipulacij pri tvorbi podob slik in predmetov ter oblikovanja estetskih kriterijev.

Hipoteza je potrjena.





**Slika 49:** Razlike v aritmetičnih sredinah povprečja doseženih točk eksperimentalne skupine na začetnem in končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti učencev 6. in 7. razreda ter 8. in 9. razreda

Iz grafičnega prikaza na sliki 49 je razvidno, da na začetnem preizkusu ni bilo izrazitih razlik med opazovanima skupinama učencev, medtem ko se na končnem preizkusu pokažejo manjše razlike. Ugotovimo, da so učenci 8. in 9. razreda pokazali nekoliko večji napredek v prostorski predstavljalivosti zaradi 3D-modeliranja kot učenci 6. in 7. razreda. Kljub vsemu pa lahko zaradi dejstva, da sta obe skupini na končnem preizkusu pokazali napredek, trdimo, da je 3D-modeliranje primerna dejavnost za izboljšanje prostorske predstavljalivosti tako za učence 6. in 7. razreda kot za učence 8. in 9. razreda.

- PREIZKUŠANJE HIPOTEZE  $H_{C8}$

**$H_{C8}$ :** Pri učencih eksperimentalne skupine, ki že imajo izkušnje s 3D-modeliranjem, in tistih, ki so se s 3D-modeliranjem srečali prvič, bo na končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti zaznan napredek glede na začetni preizkus.

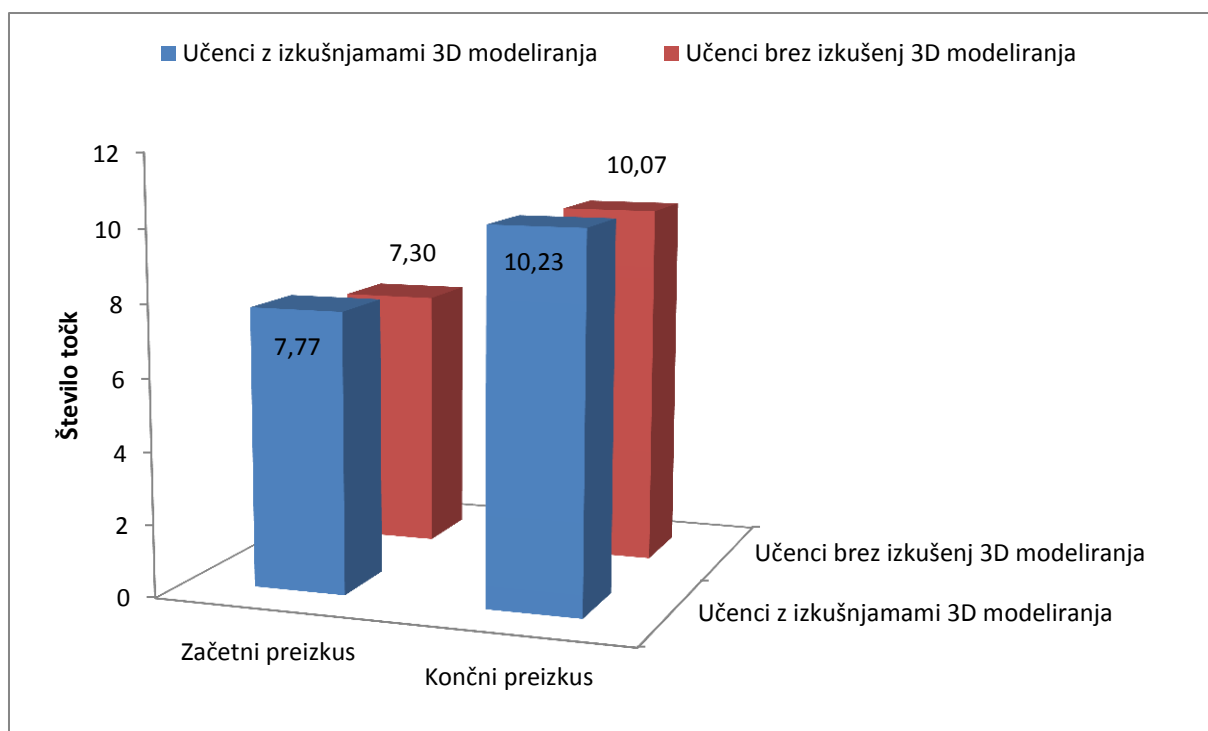
**Tabela 43:** Izid t-preizkusa za preverjanje razlik rezultata med začetnim in končnim stanjem učencev, ki so že imeli izkušnje s 3D-modeliranjem pred dejavnostjo, in učencev, ki so se s 3D-modeliranjem srečali prvič.

Uporaba programa (pred dejavnostjo)	Preizkus	Numerus n	Aritmetična sredina $\bar{x}$	Standardni odklon s	Preizkus razlik aritmetičnih sredin	
					t	P
DA	Začetni	48	7,77	2,762	-6,448	< 0.001
	Končni	48	10,23	2,823		
NE	Začetni	43	7,30	2,668	-8,282	< 0.001
	Končni	43	10,07	2,720		

Iz t-preizkusa razlik aritmetičnih sredin ugotovimo, da obstajajo statistično značilne razlike med začetnim in končnim preizkusom iz prostorske predstavljalivosti tako pri učencih, ki so pred dejavnostjo že imeli izkušnje s 3D-modeliranjem ( $t = -6,448$ ;  $P < 0.001$ ), kot pri tistih, ki teh izkušenj še niso imeli ( $t = -8,282$ ;  $P < 0.001$ ).

Če primerjamo povprečne dosežke, ugotovimo, da so učenci z izkušnjami v povprečju na končnem preizkusu dosegli 2,46 točke več kot na začetnem, učenci brez izkušenj pa celo 2,77 točke več. Torej so učenci brez predhodnih izkušenj s 3D-modeliranjem z grafičnim orodjem zaradi dejavnosti še bolj napredovali kot tisti z izkušnjami.

Hipoteza je potrjena.



**Slika 50:** Razlike v aritmetičnih sredinah povprečja doseženih točk eksperimentalne skupine na začetnem in končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti učencev, ki so pred dejavnostjo imeli izkušnje s 3D modeliranjem, in učencev, ki izkušenj niso imeli

Iz grafičnega prikaza na sliki 50 je razvidno, da so dosežki na končnem preizkusu med učenci z izkušnjami 3D-modeliranja in učenci brez takšnih izkušenj skoraj izenačeni. Iz tega dejstva lahko izhaja, da je 3D-modeliranje dejavnost, za katero niso potrebne predhodne izkušnje, programska oprema SketchUp, s katero se je dejavnost izvajala, pa je z vidika učenja do uporabnika prijazna.

- PREIZKUŠANJE HIPOTEZE  $H_{C9}$

**$H_{C9}$ : Pri levohemisfernih, integrativnih in desnohemisfernih učencih eksperimentalne skupine bo na končnem preizkusu zaznan napredek glede na začetni preizkus.**

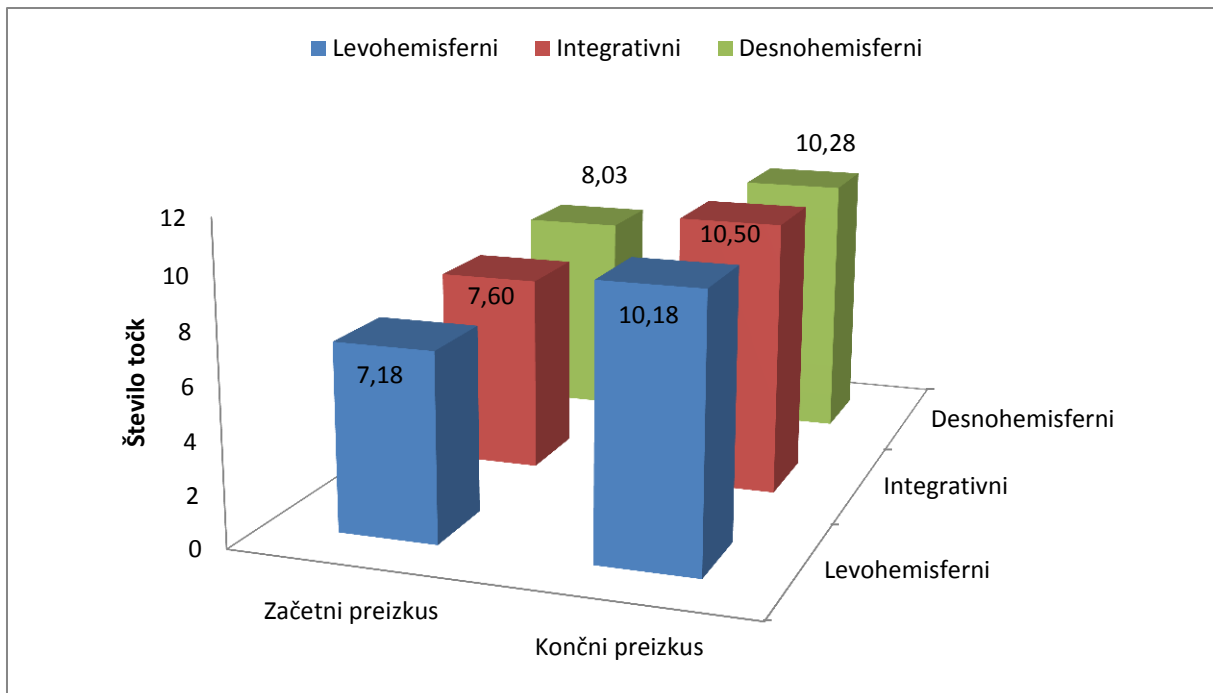
**Tabela 44:** Izid t-preizkusa za preverjanje razlik rezultata med začetnim in končnim stanjem levohemisfernih (L), integrativnih (I) in desnohemisfernih (D) učencev

Hemi-sferičnost	Preizkus	Numerus n	Aritmetična sredina $\bar{x}$	Standardni odklon s	Preizkus razlik aritmetičnih sredin	
					t	P
L	Začetni	17	7,18	2,604	-5,274	< 0.001
	Končni	17	10,18	2,675		
I	Začetni	40	7,60	2,479	-7,592	< 0.001
	Končni	40	10,50	2,882		
D	Začetni	29	8,03	3,065	-5,227	< 0.001
	Končni	29	10,28	3,069		

Iz t-preizkusa razlik aritmetičnih sredin ugotovimo, da obstajajo statistično značilne razlike med začetnim in končnim preizkusom iz prostorske predstavljenosti pri levohemisfernih ( $t = -5,274$ ;  $P < 0.001$ ), integrativnih ( $t = -7,592$ ;  $P < 0.001$ ) in desnohemisfernih ( $-5,227$ ;  $P < 0.001$ ) učencih.

Pri primerjavi povprečnih vrednosti rezultatov obeh preizkusov pridemo do ugotovitve, da so levohemisferni učenci na končnem preizkusu iz prostorske predstavljenosti dosegli 3,00, integrativni 2,90 in desnohemisferni 2,25 točke več kot na začetnem.

Hipoteza je potrjena.



**Slika 51:** Razlike v aritmetičnih sredinah povprečja doseženih točk eksperimentalne skupine na začetnem in končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti levohemisfernih, integrativnih in desnohemisfernih učencev

Iz grafičnega prikaza na sliki 51 je razvidno, da so vsi trije tipi učencev pokazali napredek v prostorski predstavljalivosti na končnem preizkusu. Pri opazovanju povprečnega števila točk so najmanjši napredek pokazali desnohemisferni učenci, kar je po eni strani presenetljivo, saj je prostorska predstavljalivost vezana ravno na desno možgansko hemisfero. So pa omenjeni učenci na začetnem preizkusu dosegli najvišje povprečje doseženih točk ( $\bar{x} = 8,03$ ). Spet po drugi strani pa lahko to dejstvo razlagamo na način, da je 3D-modeliranje zelo primerna aktivnost za levohemisferne in integrativne učence v smislu izboljšanja prostorske predstavljalivosti.

- PREIZKUŠANJE HIPOTEZE  $H_{C10}$

$H_{C10}$ : Pri učencih, ki so pri predmetu tehnika in tehnologija ocenjeni z oceno odlično (5), ter pri učencih, ki so ocenjeni z ocenami prav dobro (4) ali manj, bo na končnem preizkusu zaznan napredek glede na začetni preizkus.

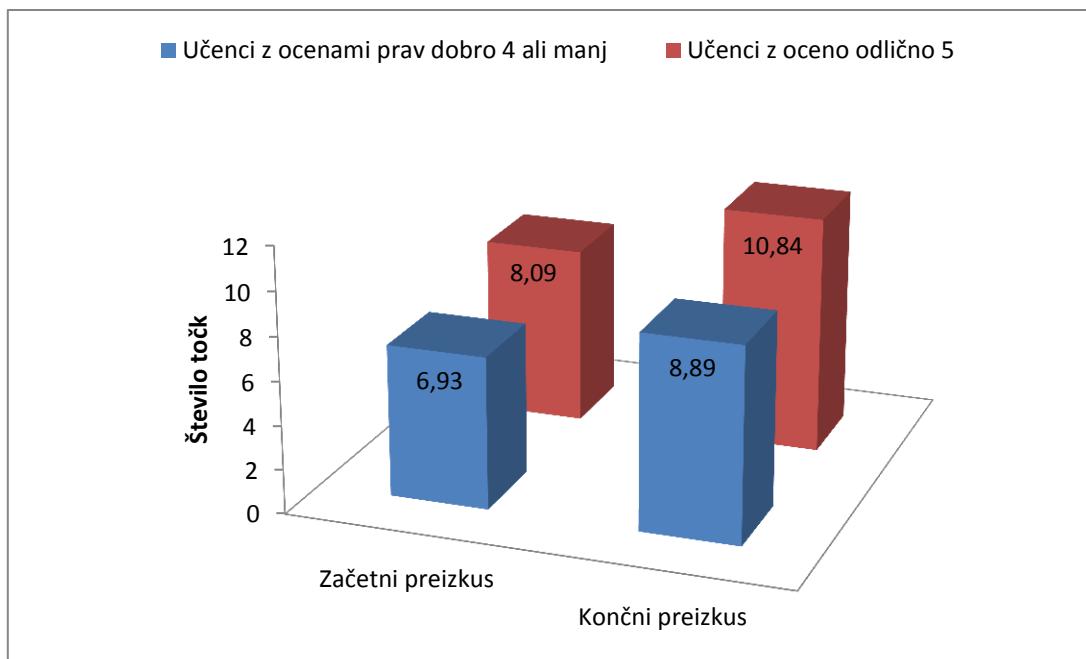
**Tabela 45:** Izid t-preizkusa za preverjanje razlik rezultata med začetnim in končnim stanjem učencev, ki so pri tehniki in tehnologiji ocenjeni z oceno odlično (5), ter učencev, ki so ocenjeni z ocenami prav dobro (4) ali manj

Ocena pri TIT	Preizkus	Numerus n	Aritmetična sredina $\bar{x}$	Standardni odklon s	Preizkus razlik aritmetičnih sredin	
					t	P
5	Začetni	58	8,09	2,836	-8,544	< 0.001
	Končni	58	10,84	2,764		
4 ali manj	Začetni	28	6,93	2,210	-4,517	< 0.001
	Končni	28	8,89	2,266		

Iz t-preizkusa razlik aritmetičnih sredin ugotovimo, da obstajajo statistično značilne razlike med začetnim in končnim preizkusom iz prostorske predstavljivosti tako pri učencih, ki so pri TIT ocenjeni z oceno odlično (5) ( $t = -8,544$ ,  $P < 0.001$ ), kot pri tistih z ocenami prav dobro (4) ali manj ( $t = -4,517$ ;  $P < 0.001$ ).

Pri primerjavi povprečnih vrednosti začetnega in končnega stanja pridemo do ugotovitve, da so odlično ocenjeni učenci pri predmetu tehnika in tehnologija na končnem preizkusu v povprečju dosegli 2,75 točke, učenci z ocenami prav dobro (4) ali manj pa 1,96 točke več kot na začetnem preizkusu.

Hipoteza je potrjena.



**Slika 52:** Razlike aritmetičnih sredin povprečja doseženih točk eksperimentalne skupine na začetnem in končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti učencev, ki so pri TIT ocenjeni z oceno odlično (5), in tistimi, ki so ocenjeni z ocenami prav dobro (4) ali manj

Iz grafičnega prikaza na sliki 54 je razvidno, da so boljše ocenjeni učenci pri predmetu tehnika in tehnologija dosegali boljše rezultate tako na začetnem kot končnem preizkusu v primerjavi z učenci z ocenami prav dobro (4) ali manj. Tudi napredek oziroma višja povprečna razlika v primerjavi doseženih točk na začetnem in končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti govori v prid učencev z oceno odlično (5). Kljub vsemu pa ugotovimo, da je dejavnost 3D-modeliranje z vidika napredka v prostorski predstavljalivosti primerna prav za vse učence, ne glede na oceno pri tehniki in tehnologiji.

### **3.12 INTERPRETACIJA REZULTATOV EKSPERIMENTA**

#### **3.12.1 INTERPRETACIJA REZULTATOV, VEZANIH NA ZAČETNO STANJE**

##### **(HIPOTEZE SKLOPA A)**

Učenci, sodelujoči v eksperimentu, so bili v starostnem razponu med 11 in 15 let. Na isti šoli so bili v eksperiment vključeni učenci, ki so obiskovali 3D-modeliranje, in njihovi sošolci. Kljub temu da je vsak otrok edinstven (Greenberg, 1987), smo zaradi velikosti vzorca in približno enake starostne stopnje učencev eksperimentalne in kontrolne skupine te razlike skušali v začetnem stanju minimizirati. Glede na podatke iz literature (McGee, 1979; Sorby, 2007; Sorby, 2009; Gardner, 2010) je bila postavljena hipoteza, da imajo učenci moškega spola v osnovi boljše razvito prostorsko predstavljalnost. Kljub vsemu se je izkazalo, da med učenci moškega in učenkami ženskega spola ni bilo statistično značilnih razlik, kar potrjuje ugotovitve (Kolb in Whishaw, 2014) nekaterih drugih raziskav (Koch, 2006; Titze, Heil in Jansen, 2008). Ker učenci vizualnega zaznavnega stila dajejo prednost vidnim kanalom pri sprejemanju dražljajev iz okolja (Marentič-Požarnik, 2000), je bilo pričakovati, da bodo na začetnem preizkusu dosegli najvišje rezultate. Za učence vidnega stila je značilna tudi sposobnost vizualizacije, kar so zahtevali preizkusi iz prostorske predstavljalnosti. Na osnovi Piagetove teorije stopenj kognitivnega razvoja (Labinowicz, 2010), ki predvideva, da so otroci od starosti 11 let dalje že na stopnji formalnologičnega mišljenja, je bila postavljena hipoteza, da bodo na začetnem preizkusu iz prostorske predstavljalnosti učenci 8. in 9. razreda dosegli boljše rezultate od učencev 6. in 7. razreda. Vendar, kot navaja Flavell (1979, povz. po Bakračević Vukman, 2000, str. 10), ne moremo trditi, da je starost 11–15 let univerzalna za formalnologično mišljenje, saj celo mnogo odraslih (Kuhn, Langer, Kohlberg in Haan, 1977; Tomlinson-Keasey, 1972, povz. po Bakračević Vukman, 2000, str. 11) ne doseže te stopnje. Kljub vsemu obstaja verjetnost, da bo večje število starejših učencev na stopnji formalnologičnega mišljenja, za katerega je značilno boljše razumevanje prostorskih pojmov (Labinowicz, 2010).



### **3.12.2 INTERPRETACIJA REZULTATOV, VEZANIH NA KONČNO STANJE (HIPOTEZE SKLOPA B)**

Ker je dejavnost 3D-modeliranje potekala s pomočjo navodil učitelja (Basham, 2007) in ker so nekateri avtorji (Šafhalter, Glodež in Bakračević Vukman, 2012) ugotovili, da lahko 3D-modeliranje (Martin-Dorta, Saorin in Contero, 2008) in uporaba računalnika (Contero, Naya, Company in Saorin, 2006) pomagata pri izboljšanju prostorske predstavljenosti, je bila postavljena hipoteza, da bodo rezultati eksperimentalne skupine v primerjavi s kontrolno na končnem preizkusu iz prostorske predstavljenosti boljši. Pri 3D-modeliranju prehajamo od risanja v dveh dimenzijah še v tretjo dimenzijo. Ker bi naj obstajala faktor S (Hakstian in Cattell, 1974, povz. po Pogačnik, 1995, str. 94), zaradi katerega smo sposobni vizualizirati dvo- ali tridimenzionalne objekte, in spacialna sposobnost (Pogačnik, 1995; McGee, 1979), zaradi katere se vršijo osnovne miselne rotacije (Pellegrino, 1983, povz. po Olkun, 2003), smo sklepali, da bo imelo 3D-modeliranje pozitiven vpliv na ugotavljanje izidov rotacij na ravnini, kar se je tudi potrdilo na testih Picture Rotation Test (Newton in Bristoll, b. l.), »Pari« (Newton in Bristoll, b. l.), Paper Folding Test (Ekstrom, French, Harman in Dermen, 1976) in Form Board Test (Newton in Bristoll, b. l.). Pri 3D-modeliranju lahko predmet, ki smo ga konstruirali, poljubno obračamo v navideznem tridimenzionalnem prostoru, kar pri učencih lahko spodbudi ugotavljanje izidov rotacij. Lahko trdimo, da gre pri tej dejavnosti za razumevanje tako prostorskih razmerij kot za prostorsko orientacijo in vizualizacijo (Lohman in Kyllonen, 1983, povz. po Takahashi, 2011, str. 10). Prav tako lahko trdimo, da gre za sposobnost vizualizacije (Pogačnik, 1995; McGee, 1979), ugotavljanje izidov rotacij tridimenzionalnih objektov ali njihovo konstruiranje iz sestavnih delov (Battista, Wheatley in Talsma, 1989, povz. po Olkun, 2003). Ker so bili tem manipulacijam izpostavljeni le učenci eksperimentalne skupine, smo sklepali, da se bo vse omenjeno poznalo pri njihovem napredku, kar se je tudi potrdilo. Za ugotavljanje izidov rotacij v navideznem tridimenzionalnem prostoru so bili uporabljeni testi: Mental Rotation Test, Differential Aptitude Test: Space Relations (Newton in Bristoll, b. l.), Purdue Spatial Visualization Test: Rotations (Guay, 1976) in The Surface Development Test (Newton in Bristoll, b. l.; Study, 2012).

### **3.12.3 INTERPRETACIJA REZULTATOV, VEZANIH NA RAZLIKE MED ZAČETNIM IN KONČNIM STANJEM EKSPERIMENTALNE SKUPINE (HIPOTEZE SKLOPA C)**

V sklopu, kjer smo preverjali hipoteze, ki so bile vezane na razlike med začetnim in končnim stanjem eksperimentalne skupine, smo želeli ugotoviti, ali je 3D-modeliranje z vidika napredka v prostorski predstavljenosti primerno za različne tipe učencev glede na: spol, zaznavni stil, vrsto inteligentnosti, razred oziroma starost, predhodne izkušnje s 3D-modeliranjem, dominantnost možganske hemisfere in oceno pri TIT. Hipoteze so bile postavljene v smislu, da bo prav pri vseh omenjenih kategorijah zaznan napredek v prostorski predstavljenosti na končnem testu. Med izvajanjem obeh preizkusov je poteklo največ 8 mesecev. Če prehodi v kognitivnem razvoju otroka niso stopničasti (Flavell, 1985, povz. po Bakračević Vukman, 2000, str. 11), lahko učinek časovnega razpona zanemarimo.

Kot je že eksperimentalno ugotovila skupina avtorjev (Martin-Dorta, Saorin in Contero, 2008; Basham, 2007; Contero, Naya, Company in Saorin, 2006), večinoma s študenti starimi nad 18 let, se je tudi pri našem eksperimentu pokazal napredek v prostorski predstavljenosti učencev eksperimentalne skupine zaradi 3D-modeliranja, ki so bili stari med 11 in 15 let. Za razliko od omenjene raziskave (Martin-Dorta, Saorin in Contero, 2008) so v naši raziskavi učenke eksperimentalne skupine dosegle večji napredek od učencev. Ker bi se naj ženske prav zaradi slabše prostorske predstavljenosti v manjši meri odločale za inženirske poklice (Sorby, 2007), je 3D-modeliranje lahko ena od možnosti za njeno izboljšanje (Sorby, 2009).

Z rezultati svoje raziskave lahko potrdimo, za razliko od nekaterih drugih (Koch, 2006), da je tudi avditivni tip učencev, katerim razumevanje prostorskih odnosov povzroča sicer največje težave (Konda 2009; Marentič Požarnik, 2000) in imajo nižje sposobnosti vizualizacije, dosegel statistično značilno razliko v napredku svoje prostorske predstavljenosti zaradi 3D-modeliranja. Statistično dokazljiv napredek so dosegli tudi učenci s kinestetičnim zaznavnim stilom, kljub temu da naj bi si slabše zapomnili podrobnosti (Marentič Požarnik, 2000), ki pa se pri 3D-modeliranju pojavljajo kar pogosto.

Če obravnavamo značilnosti posameznih vrst inteligentnosti po Gardnerju (2010), gre zgolj pri prostorski za neposredne povezave, ki se nanašajo na 3D-modeliranje. Pri dejavnosti gre dejansko za sposobnost zaznavanja okolja s prostorskega vidika, izvajanje miselnih manipulacij in sposobnost vizualizacije (Gardner, 2010). Pri naših rezultatih je bil napredek pri učencih eksperimentalne skupine, ki so se na samoocenitvenem vprašalniku opredelili kot

tisti z bolj razvito prostorsko predstavljalivostjo, ter tudi pri učencih z manj razvito prostorsko predstavljalivostjo praktično identičen. Ker pa je znano (Hoerr, Boggeman in Wallach, 2010), da si lahko prostorsko predstavljalivost z nekaterimi dejavnostmi izboljšajo tudi učenci s slabše razvito prostorsko inteligentnostjo (Gardner, 2010), rezultati niso presenetljivi. Kot navajajo avtorji Hoerr, Boggeman in Wallach (2010), si lahko učenci z dominantno intrapersonalno inteligentnostjo (Gardner, 2010) izboljšajo prostorsko predstavljalivost z risanjem arhitekture prostorov in tlorisov, telesno-gibalni s konstruiranjem modelov, logično-matematični pa na primer z izdelavo modelov geometrijskih teles. To pa so dejavnosti, ki pri 3D-modeliranju pridejo zelo močno do izraza.

Glede na starost so učenci eksperimentalne skupine 8. in 9. razreda dosegli nekoliko višji napredek v prostorski predstavljalivosti zaradi 3D-modeliranja kot učenci 6. in 7. razreda. Za obe skupini pa lahko s statistično podkrepjenimi podatki potrdimo, da 3D-modeliranje pozitivno učinkuje na njihovo prostorsko predstavljalivost. Za testirane učence ne vemo, na kateri stopnji razvoja oziroma mišljenja se nahajajo, obstaja pa večja verjetnost, da je bilo na stopnji formalnologičnega mišljenja več učencev 8. in 9. razreda eksperimentalne skupine kot učencev 6. in 7. razreda. Testirani učenci bi se po Piagetovi klasifikaciji (Labinowicz, 2010) prav vsi nahajali na stopnji formalnologičnega mišljenja, kar pa vrsta drugih avtorjev (Greenberg, 1987; Flavell, 1979; Flavell, 1985; povz. po Bakračević Vukman, 2000, str. 11; Kuhn, Langer, Kohlberg in Haan, 1977; Tomlinson-Keasey, 1972; povz. po Bakračević Vukman, 2000, str. 11; Demetriou, 1998) postavlja pod vprašaj.

Napredek v prostorski predstavljalivosti so dosegli tako učenci, ki so se s 3D-modeliranjem srečali prvič, kot tisti, ki so že imeli izkušnje in so programsko orodje SketchUp že poznali. Napredek v prostorski predstavljalivosti je bil pri obeh skupinah učencev praktično identičen in tudi statistično dokazljiv. Sklepamo lahko, da učenci niso imeli pretiranih težav s spoznavanjem programskega orodja. Torej transformacija preteklih izkušenj v sedanje vedenje (Kolb in Whishaw, 2003; Rus Makovec, 2012) ni igrala bistvene vloge, kar lahko pripisujemo preprostosti uporabe programa SketchUp. Ker je bila dejavnost izbirnega tipa, in sicer interesna dejavnost, je bilo učenje verjetno hitrejše, saj sta bila vključena tudi čustveni naboj in višja stopnja motivacije (Kolb in Whishaw, 2003; Rus Makovec, 2012). Prav tako lahko ugotavljamo, da so se v večji meri v interesno dejavnost vključevali učenci, ki jim je predmet tehnika in tehnologija bliže in imajo pri njem tudi višjo oceno. Napredek v prostorski predstavljalivosti so sicer dosegli tako učenci z ocenami 4 ali manj kot učenci z oceno 5. Ugotavljamo pa, da je bil pri slednjih napredek v prostorski predstavljalivosti večji in izkušnje

na enem področju (Gardner, 2010) lahko povzročijo razvoj spretnosti na podobnih področjih. Določeno sposobnost lahko izboljšamo s posameznimi dejavnostmi, kar pripisujemo vplivu okolja (Hebb, 1980, povz. po Kolb in Whishaw, 2014). 3D-modeliranje je vsekakor ena izmed takšnih dejavnosti, kjer izkušnje (Kolb in Whishaw, 2014) lahko vplivajo na strukturo možganskih celic in organizacijo sinaps.

Statistično dokazljiv napredek v prostorski predstavljenosti so dosegli tudi učenci eksperimentalne skupine, ki so se na samoocenitvenem vprašalniku opredelili tako za desnohemisferne ali levohemisferne kot integrativne. Identičen napredek so dosegli učenci levohemisfernega in integrativnega tipa, nekoliko manjši napredek pa učenci desnohemisfernega tipa. Slednji so že v osnovi imeli najboljše razvito prostorsko predstavljenost in je bil verjetno zaradi tega napredek nekoliko manjši. Zavedati se je treba, da možgani predelujejo informacije multisenzorno (Kolb in Whishaw, 2014) in 3D-modeliranje je pri učencih predstavljalo le en kanal sprejemanja informacij, s katerimi so nato lahko manipulirali. Hemisferna dominacija se lahko razvije (Vitale, 2004) zaradi izpostavljenosti dražljajem iz okolja, kljub vsemu pa ne moremo trditi (Vitale, 2004), da gre pri določeni osebi za popolno dominantnost ene od možganskih hemisfer.

#### 4 SKLEP, UGOTOVITVE IN PREDLOGI ZA NADALJNJE DELO

Glavna ugotovitev pedagoškega eksperimenta je bila, da je bil dokazan pozitiven vpliv 3D-modeliranja na prostorsko predstavljalivost učencev v osnovni šoli, starih od 11 do 15 let. V splošnem lahko ugotovimo, da je današnja osnovna šola precej naravnana na avditivni tip učencev, saj v vedno večji meri prevladujejo ure tujih jezikov. Skupno število ur pri predmetih, ki v večji meri spodbujajo vizualno percepcijo in vizualizacijo (npr. tehnika in tehnologija, likovna umetnost ...) pa ostaja isto oziroma je tehnika pri prehodu v devetletno osnovno šolo ure izgubila. Če se zavedamo pomena celostnega razvoja otroka in gospodarskega napredka, ki bo slonel na plečih današnjih osnovnošolcev, nam tudi rezultati pričujoče doktorske disertacije nakazujejo vlogo tehničnega izobraževanja v kognitivnem razvoju učenca v osnovni šoli. V času, ko se učenci odločajo o nadaljnjem izobraževanju, je pri večini od njih srečanje s tehniko odmaknjeno z distanco enega leta. Prav zaradi tega lahko z izbirnim predmetom risanje v geometriji in tehniki, ki v celoti sloni na 3D-modeliranju, dodamo košček v razvoju učenca, pri katerem je prostorska predstavljalivost ena ključnih komponent za nadaljnji razvoj. Raziskava bo v veliki meri lahko v pomoč snovalcem učnih načrtov za tehniko in tehnologijo, saj bo 3D-modeliranje najverjetneje v vedno večji meri, čeprav ga najdemo že tudi v veljavnih učnih načrtih, zastopano v prihodnosti. 3D-modeliranje nam nudi možnosti postavljanja ciljev višjih taksonomskih ravni, kar pripomore k dvigu kakovosti izobraževanja in trajnosti znanja.

Raziskava nam je dala večinoma pričakovane rezultate z izjemo razlik med spoloma, kjer te praktično niso bile dokazane za razliko od raziskav nekaterih drugih avtorjev in naših pričakovanj. Predvidevali smo, da bodo na preizkusu iz prostorske predstavljalivosti učenci moškega spola dosegli višje rezultate od učenek, kar pa se ni izkazalo za resnično. Ženske so na začetnem preizkusu dosegle višje rezultate. Napredek v prostorski predstavljalivosti zaradi 3D-modeliranja je bil zaznan pri obeh spolih, nekoliko višji pa je bil pri ženskem. Eksperimentalni skupini učencev se je po naših pričakovanjih prostorska predstavljalivost zaradi 3D-modeliranja izboljšala, kar je bilo statistično dokazano glede na kontrolno skupino. To nam je pokazal tako skupni rezultat na končnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti kot del preizkusa, v katerem je šlo za rotacije likov na ravnini, in del preizkusa, ki je vseboval naloge rotacij v navideznem trirazsežnostnem prostoru. Glede na naša predvidevanja so na začetnem preizkusu iz prostorske predstavljalivosti boljše rezultate dosegli učenci vizualnega in kinestetičnega zaznavnega stila ter učenci 8. in 9. razreda. Razlike med začetnim in končnim

stanjem so se pokazale na področju prostorske predstavljalivosti učencev obeh spolov eksperimentalne skupine kot tudi učencev vseh treh zaznavnih stilov (vizualnega, kinestetičnega in avditivnega) in učnih stilov glede na dominantnost ene od možganskih hemisfer. Prav tako se je statistično dokazljiv napredek pokazal pri učencih 6. in 7. razredov in učencih 8. in 9. razredov. Tudi glede ocene pri tehniki in tehnologiji, predhodnega poznavanja programa za 3D-modeliranje in boljše ali slabše razvitosti prostorske inteligentnosti se pozitiven vpliv 3D-modeliranja kaže pri prav vseh. Ugotovimo lahko, da je izbor 3D-modeliranja smiselna izbira za učenca ne glede na njegove značilnosti.

Med raziskavo ali po njej so se odprla še nekatera nova področja za prihodnje raziskave glede vpliva 3D-modeliranja na prostorsko predstavljalivost. Tako bi lahko raziskali morebiten vpliv 3D-modeliranja na prostorsko predstavljalivost levičarjev in desničarjev. Vemo namreč, da leva možganska polobla koordinira desno stran telesa, in obratno, zato lahko to povežemo z levohemisfernim in desnohemisfernim učnim stilom. Zanimivo bi bilo raziskati, ali obstajajo razlike glede prostorske predstavljalivosti med učenci, ki pišejo z levo roko, in tistimi, ki za pisanje uporabljajo desno, ali bi kateri od njih dosegali boljše rezultate na preizkusu iz prostorske predstavljalivosti in ali bi njihova značilnost imela vpliv na 3D-modeliranje in napredek v prostorski predstavljalivosti zaradi omenjene dejavnosti.

V opisano raziskavo so bili vključeni učenci od 11. do 15. leta, v nadaljnjih proučevanjih pa bi se lahko ugotavljal napredek prostorske predstavljalivosti zaradi 3D-modeliranja tudi pri mlajših učencih.

V šolskem letu 2013/2014 se je prvič pričel izvajati izbirni predmet risanje v geometriji in tehniki po prenovljenem učnem načrtu. Učni načrt je potrdilo ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport in tako poteka, za razliko od interesnih dejavnosti na šolah, enotno po vsej Sloveniji. Tako se odpira možnost raziskave glede razlik in napredka prostorske predstavljalivosti med učenci, ki obiskujejo izbirni predmet risanje v geometriji in tehniki (3D-modeliranje) v primerjavi z interesno dejavnostjo. V šolskem letu 2013/2014 se je izbirni predmet izvajal na štirinajstih osnovnih šolah po Sloveniji. Obiskovalo ga je nekaj več kot sto učencev.

Prav tako se odpira vprašanje glede razlik in napredka pri razvijanju prostorske predstavljalivosti med 3D-modeliranjem in klasičnim tehničnim risanjem s svinčnikom na papir.

Kot že omenjeno v teoretičnem delu doktorske disertacije, je kar nekaj raziskovalcev potrdilo povezavo med glasbeno in prostorsko inteligentnostjo oziroma vpliv glasbe na prostorsko inteligentnost, predvsem poslušanje Mozartove sonate za dva klavirja v D-duru. Poraja se vprašanje, ali bi predvajanje omenjene Mozartove sonate vplivalo na reševanje problemskih nalog v programu za 3D-modeliranje in kako uspešno bi učenci modelirali predmete na osnovi pravokotne in izometrične projekcije ob glasbeni spremljavi omenjene skladbe.

## 5 LITERATURA

- Abbott, A. (2014). Brains of Norway. *Nature*, 514, October 2014, 154–157.
- Andersen, R. A., Snyder, L. H., Bradley, D. C., Xing, J. (1997). Multimodal representation of space in the posterior parietal cortex and its use in planning movements. *Annual review of neuroscience*, 20, 303–330.
- Antič, I. (2011). *Slovar tujk*. Tržič: Učila International.
- Bakračevič Vukman, K. (2000). *Razvoj mišljenja v odrasli dobi*. Maribor: Pedagoška fakulteta Maribor.
- Bakračevič Vukman, K. (2010). *Psihološki korelati učenja učenja*. Maribor: Filozofska fakulteta.
- Barlow, H. B. (1982). David Hubel and Torsten Wiesel. Their contribution towards understanding the primary visual cortex. *Trends in Neuroscience*, 5, 145–152.
- Basham, K. Lynn. (2007). *The effects of 3-dimensional CADD modeling software on the development of spatial ability of ninth grade Technology Discovery students*. Southern Mississippi: Louisiana State University and Agricultural & Mechanical College.
- Becker, K. A. (2003). *History of the Stanford-Binet Intelligence Scales: Content and Psychometrics*. *Stanford-Binet Intelligence Scales*, Fifth Edition Assessment Service Bulletin No. 1. Itasca, IL: Riverside Publishing.
- Binet, A., Simon, T. (1916). *The Development of Intelligence in Children*. Baltimore: Williams & Wilkins Company.
- Bon, J. (2011). *Kako delujeta možganski hemisferi?* Pridobljeno 14. 6. 2013, iz [http://www.sinapsa.org/tm/materiali/Izobraževalni\\_nevroznanstveni\\_plakati](http://www.sinapsa.org/tm/materiali/Izobraževalni_nevroznanstveni_plakati)
- Brizendine, L. (2007). *Ženski možgani*. Ljubljana: Modrijan.
- Carlson, N. R. (2013). *Physiology of Behavior*, eleventh edition. New Jersey: Pearson.
- Chorney, M. J., Chorney, K., Seese, N., Owen, M. J., Daniels, J., McGuffin, P. idr. (1998). A Quantitative Trait Locus Associated with Cognitive Ability in Children. *Psychological Science*, 9 (3), 159–166.
- Contero, M., Company, P., Saorin, J. L., Naya, F. (2006). Learning Support Tools for Developing Spatial Abilities in Engineering Design. *International Journal of Engineering Education*, 22(3), 470–477.
- Čop, J. (2008). *Mapa učnih dosežkov*. Ljubljana: Center RS za poklicno izobraževanje.
- Darwin, C. (2013). *O nastanku vrst*. Ljubljana: Založba ZRC SAZU.



- Demetriou, A., Doise, W., Van Lieshout, K. F. M. (1998). *Life-span developmental psychology*. London: Wiley.
- Demetriou, A., Raftopoulos, A. (2004). *Cognitive Developmental Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dimic, L. (2008). *Zrcalni nevroni*. Pridobljeno 17. 3. 2014, iz <http://www.sinapsa.org>.
- Dolenc, K., Fišer, G., Florjančič, F., Glodež, S., Šafhalter, A. (2012). *Risanje v geometriji in tehniki, izbirni predmet, prenovljeni učni načrt*. Ljubljana: Ministrstvo za izobraževanje, znanost, kulturo in šport, Zavod RS za šolstvo.
- Ekstrom, R. B., French, J. W., Harman, H. H., Dermen, D. (1976). *Kit of Factor-Referenced Cognitive Tests*. Princeton, New Jersey: Educational Testing Service.
- Eliot, J., Macfarlane Smith, I. (1983). *Spatial Tests*. Windsor: The NFER-NELSON Publishing Company Ltd.
- Fakin, M., Kocijančič, S., Hostnik, I., Florjančič, F. (2011). *Program osnovna šola, tehnika in tehnologija, učni načrt*. Ljubljana: Ministrstvo RS za šolstvo in šport, Zavod RS za šolstvo.
- Ferrari, M., Vuletic, L. (2010). *The Developmental Relations among Mind, Brain and Education*. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer.
- Field, D. A. (2004). Education and training for CAD in the auto industry. *Computer-Aided Design*, 36(14), 1431–1437.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and Cognitive Monitoring. A new area of developmental inquiry. *American Psychologist*, 34 (10), 906–911.
- Fogg, A. (2010). *NLP Representational Systems and Eye Accessing Cues*. Pridobljeno 19. 2. 2014, iz <http://www.golf-hypnotist.com/nlp-representational-systems-and-eye-accessing-cues/>.
- Frederikse, M. E., Lu, A., Aylward, E., Barta, P., Pearlson, G. (1999). Sex Differences in the inferior parietal lobule. *Cereb Cortex*, 9(8), 896–901.
- Gardner, H. (2010). *Razsežnost uma: teorija o več inteligencah*. Ljubljana: Založba Tangram.
- Greenberg, D. (1987). *Free at Last*. The Sudbury Valley School. Sudbury: Sudbury Valley School Press.
- Guay, R. B. (1976). *Visualization of Rotations – Purdue Spatial Visualization Tests*. West Lafayette: Purdue Research Foundation.

- Gur, R. C., Mozley, L. H., Mozley, P. D., Resnick, S. M., Karp, J. S., Alavi, A. idr. (1995). Sex differences in regional cerebral glucose metabolism during a resting state. *Science*, 267(5197), 528–531.
- Habe, K. (2006). Vpliv Mozartove sonate za dva klavirja v D-duru na prostorsko-časovno sklepanje. *Psihološka obzorja*. 15(2), 53–66.
- Hafner, I. (2002). Test prostorske predstavljenosti. *Logika in razvedrilna matematika*, 1, 56–59.
- Hoerr, T. R., Boggeman, S., Wallach, C. (2010). *Celebrating Every Learner*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Holland, B. (1981). A Man Who Sees What Others Hear. *The New York Times*. November 19, 1981.
- Ivanuš Grmek, M., Čagran, B., Sadek, L. (2009). *Eksperimentalna študija primera pri pouku spoznavanja okolja*. Ljubljana: Pedagoški inštitut.
- Kamin, L. J. (1995). The pioneers of IQ testing. V Ressel Jacoby & Naomi Glauberman (Ur.), *The Bell Curve Debate: History, Documents, Opinions*. New York: Times Books.
- Kleinfeld, J. (1971). Visual memory in village Eskimo and urban Caucasian children. *Arctic*, 24(2), 132–138.
- Koch, D. S. (2006). *The Effects of Solid Modeling and Visualization On Technical Problem Solving*. Blacksburg: Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Kohs, S. C. (1920). The Block-Design Tests. *Journal of Experimental Psychology*, 3(5), 357–376.
- Kolb, B., Whishaw, I. Q. (2003). *Fundamentals of Human Neuropsychology*, Fifth Edition. New York: Worth publishers.
- Kolb, B., Whishaw, I. Q. (2014). *An Introduction to Brain and Behavior*, Fourth Edition. New York: Worth publishers.
- Kolb, D. (1984). *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Konda, M. (2009). *Zakaj temelji NLP v komunikaciji?* Pridobljeno 25. 1. 2014, iz <http://www.vija-vaja.org/pdf/nlp.pdf>.
- Labinowicz, E. (2010). *Izvirni Piaget*. Ljubljana: DZS.
- Lichtenberger, E. O., Kaufman, A. S. (2012). *Essentials of WAIS-IV Assessment*. New Jersey: Wiley.

- Lutar, B. (2007). Uporaba 3D modelirnikov. *Gradbeni vestnik*, 56(1), 2–14.
- Makovec, M. R. (2012). Skrivnostni spomin. *Gea*, 22, september 2012, 14–27.
- Makovec, M. R. (2014). Možgani v adolescenci. *Gea*, 24, september 2014, 30–41.
- Malešević, P. (2010). Definiranje inteligencije kroz povijest. *Emzin*, veljača/ožujak, 6–9.
- Malešević, P. (2010). Prvi testovi inteligencije. *Emzin*, svibanj/lipanj, 6–9.
- Mancini, L. (2011). *Vizualizacije filozofskih konceptov*. Ljubljana: Akademija za likovno umetnost in oblikovanje v Ljubljani.
- Marentič Požarnik, B. (2000). *Psihologija učenja in pouka*. Ljubljana: DZS.
- Marentič Požarnik, B., Magajna, L., Peklaj, C. (1995). *Izziv raznolikosti*. Nova Gorica: Educa.
- Martin-Dorta, N., Luis Saorin, J., Contero, M. (2008). Development of a Fast Remedial Course to Improve the Spatial Abilities of Engineering Students. *Journal of Engineering Education*, 97(4), 505–513.
- McGee, M. G. (1979). Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological Bulletin*, 86, 889–918.
- McNally, D. (1977). *Piaget, Education and Teaching*. Sydney: Hodder and Stoughton.
- Morris, R., Fillenz, M. (2003). *Science of the brain*. Liverpool: The British Neuroscience Association.
- Newton, P., Bristoll, H. (b. l.) *Spatial Ability, Practice Test 1*. Psychometric Success.
- Oblak, I., Žišt, D. (2004). Razvojna teorija Leva Semjonoviča Vigotskega. *Socialna pedagogika*, 8(2), 197–226.
- O'Connor, J., Seymour, J. (1996). *Spretnosti sporazumevanja in vplivanja. Uvod v nevrolingvistično programiranje*. Žalec: Založba Sledi.
- O'Keefe, J. Nadel, L. (1978). *The Hippocampus as a cognitive map*. Oxford: Oxford University Press.
- Olkun, S. (2003). Making Connections: Improving Spatial Abilities with Engineering Drawing Activities. *International Journal of Mathematics Teaching and Learning*, April, 1–10.
- Papotnik, A., Florjančič, F., Angleitner, G., Glodež, S., Hajdinjak, L., Karner, B. idr. (2002). *Učni načrt tehnika in tehnologija*. Ljubljana: Ministrstvo za šolstvo, znanost in šport, Zavod RS za šolstvo.
- Pečjak, V. (2001). *Učenje, spomin, mišljenje*. Ljubljana: Fakulteta za družbene vede.

- Phunlaphawee, K. (2000). *An analysis of construct structures for spatial and error pattern scores associated with the spatial ability and related gender differences of twelfth grade students in Thailand*. Ann Arbor: The Ohio State University.
- Piciga, D. (1995). *Od razvojne psihologije k drugačnemu učenju in poučevanju*. Nova Gorica: Educa.
- Pogačnik, V. (1995). *Pojmovanje inteligentnosti*. Radovljica: Didakta.
- Prifitera, A., Saklofske, D. H., Weiss, L. G. (2008). *WISC-IV Clinical Assessment and Intervention 2e*. San Antonio: Academic Press, Elsevier.
- Redish, A. D. (2001). The hippocampal debate: are we asking the right questions? *Behavioural Brain Research*, 127, 81–98.
- Reić Ercegovac, I. (2012). *Teorija kognitivnog razvoja Jeana Piageta*. Pridobljeno 14. 10. 2013, iz <https://marul.ffst.hr/centri/circo/Nastava>.
- Repovš, G. (2002). *Osnove prostorske kognicije. Spoznavni zemljevid Slovenije*, 79–96. Ljubljana: Znanstveni inštitut Filozofske fakultete.
- Rolls, E. T. (1999). Spatial View Cells and the Representation of Place in the Primate Hippocampus. *Hippocampus*, 9, 467–480.
- Rynhart, P. (2012). Piaget and Spatial Concepts. Pridobljeno 22. 2. 2014, iz <http://proactiveplay.com/piaget-and-spatial-concepts/>.
- Sabbatini, R. M. E. (2000). Are there differences between the brains of males and females? *Brain & Mind Magazine*, October/December 2000. Pridobljeno 12. 10. 2013, iz <http://www.cerebromente.org.br/n11/mente/eisntein/cerebro-homens.html>.
- Saladin, K. (2009). *Anatomy & Physiology: A Unity of Form and Function*, 5th Edition. New York: McGraw-Hill.
- Schuler, M., Waldmann, W. (2011). *Veliki atlas anatomije*. Tržič: Učila.
- Shepard, R. N., Metzler, J. (1971). Mental Rotation of Three-Dimensional Objects. *Science*, 171(3972), 701–703.
- Siegel, L. S. (1993). Amazing New Discovery. Piaget Was Wrong. *Canadian Psychology*, 34(3), 239–245.
- Sjölander, M. (1998). *Spatial cognition and environmental descriptions*. Pridobljeno 12. 6. 2011, iz <http://www.sics.se/humle/projects/persona/web/littsurvey/ch4.pdf>.
- Sorby, S. A. (1999). Developing 3-D Spatial Visualization Skills. *Engineering Design Graphics Journal*, 63(2), 21–32.

- Sorby, S. A. (2006). Developing 3D Spatial Skills for K-12 Students. *Engineering Design Graphics Journal*, 70(3), 1–11.
- Sorby, S. A. (2007). Developing 3D spatial skills for engineering students. *Australasian Journal of Engineering Education*, 13(1), 1–11.
- Sorby, S. A. (2009). Educational Research in Developing 3-D Spatial Skills for Engineering Students. *International Journal of Science Education*, 31(3), 459–480.
- Spearman, C. (1904). »General Intelligence«, Objectively Determined and Measured. *The American Journal of Psychology*, 15(2), 201–292.
- Spearman, C. (1927). *The Abilities of Man*. London: MacMillan and Co.
- Stafford, R. E. (1963). *An investigation of similarities in parent-child test scores for evidence of hereditary components*. Princeton, New Jersey: Faculty of Princeton University.
- Study, N. E. (2012). An Overview of Tests of Cognitive Spatial Ability. *Global Graphics*, 92–97. Galveston, Texas: ASEE, Engineering Design Graphics Division.
- Svetličić, L. (2004). *Utjecaj glazbe na prostorno zaključivanje*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Filozofski fakultet, Odsjek za psihologiju.
- Šafhalter, A. (2011). 3D modeliranje in prostorna inteligencija. V M. Plenković (Ur.), *Society and Technology 2011, Lovran 2011* (str. 411–418). Zagreb: Hrvatsko komunikološko društvo.
- Šafhalter, A., Glodež, S., Bakračević Vukman, K. (2012). Developing spatial visualization with 3D modeling. *Problems of Education in the 21<sup>st</sup> Century*, 46(10), 131–137.
- Šali, B. (1972). *Priročnik I: Wechslerjev test inteligentnosti za otroke (WISC): splošni del*. Ljubljana: Zavod SR Slovenije za produktivnost dela.
- Šali, B. (1974). *Wechslerjev test inteligentnosti za otroke I*. Ljubljana: Zavod SRS za produktivnost dela.
- Takahashi, G. (2011). Stereoscopic Vision's Impact on Spatial Ability Testing. *College of Technology Masters Theses*. Pridobljeno 16. 1. 2014, iz <http://docs.lib.purdue.edu/techmasters/44/>.
- Tesla, N. (2013). *Moji izumi*. Ljubljana: Založba Sanje.
- Thurstone, L. L. (1931). Multiple factor analysis. *Psychological Review*, 38(5), 406–427.
- Thurstone, L. L. (1935). *The vectors of mind*. Chicago: The University of Chicago.
- Titze, C., Heil, M., Jansen, P. (2008). Gender Differences in the Mental Rotations Test (MRT) Are Not Due to Task Complexity. *Journal of Individual Differences*, 29(3), 130–133.

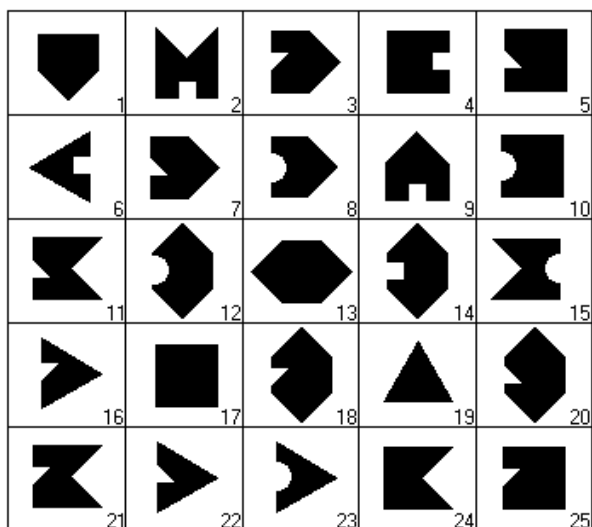
- Tomasi, D., Volkow, N. D. (2012). Laterality Patterns of Brain Functional Connectivity: Gender Effects. *Cerebral Cortex*, 22(6), 1455–1462.
- Vernon, P. E. (1964). *The Structure of Human Abilities*. London: Methuen & Co. Ltd.
- Vigotski, L. S. (2011). *Mišljenje in govor*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani.
- Vitale, B. M. (1982). *Unicorns Are Real: A Right-Brained Approach to Learning*. Fawnskin: Jalmar Press.
- Yerkes, R. M., Yoakum, C. S. (1920). *Army Mental Tests*. New York: Henry Holt and Company.
- Yue, J. 2008. Spatial Visualization by Realistic 3D Views. *Engineering Design Graphics Journal*, 72(1), 28–38.
- Zaidi, Z. F. (2010). Gender Differences in Human Brain: A Review. *The open Anatomy Journal*, 2, 37–55.



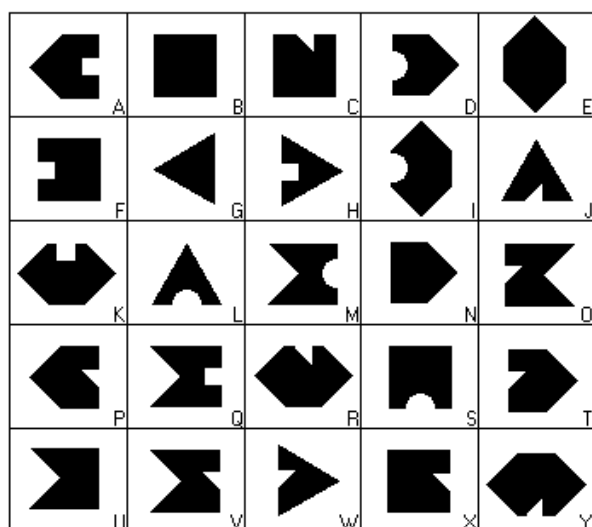
## Priloga 2: Začetni preizkus iz prostorske predstavljalivosti z rešitvami

Liki iz skupine 1 so enaki kot liki iz skupine 2, čeprav so nekateri od njih zasukani. Kateri lik iz skupine 2 ustreza liku iz skupine 1?

Skupina 1



Skupina 2

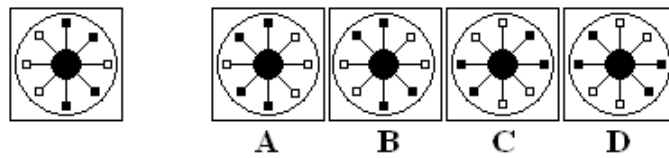


- |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1)  | 2)  | 3)  | 4)  | 5)  |
| 6)  | 7)  | 8)  | 9)  | 10) |
| 11) | 12) | 13) | 14) | 15) |
| 16) | 17) | 18) | 19) | 20) |
| 21) | 22) | 23) | 24) | 25) |



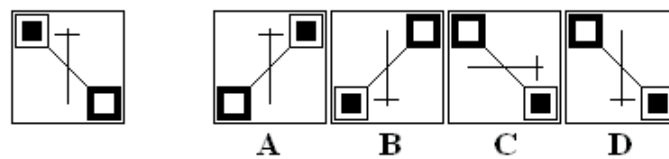
Na spodnjih slikah (nalogi 26 in 27) je ena od oblik (A–D) identična sliki na levi, vendar je zasukana.

26) Katera oblika (A–D) je enaka sliki na levi?



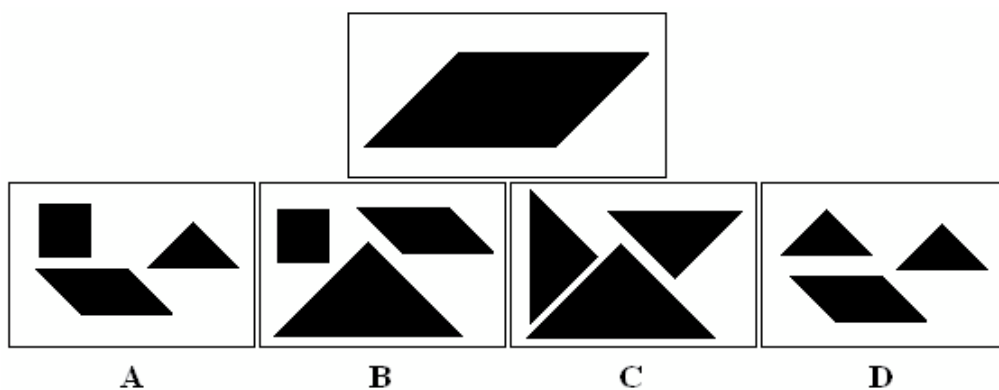
A B C D

27) Katera oblika (A–D) je enaka sliki na levi?



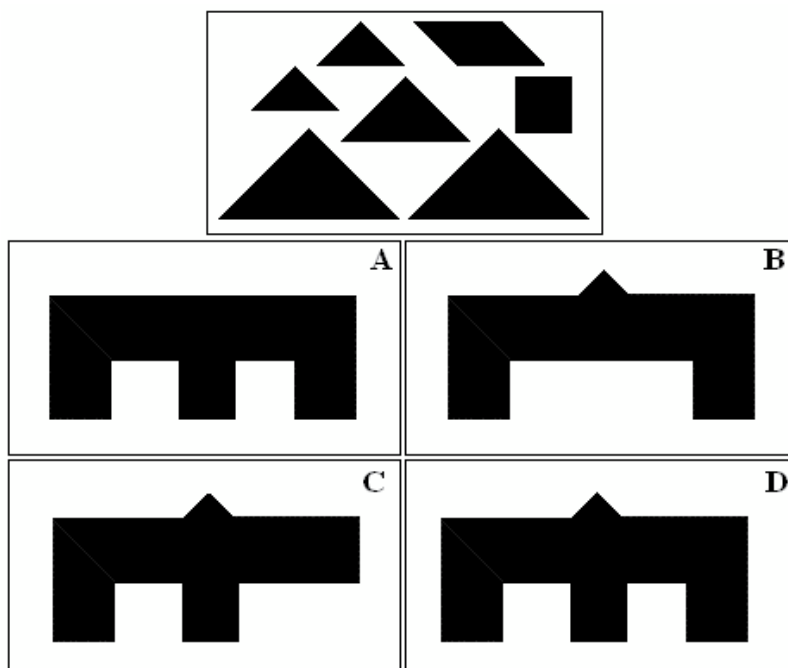
A B C D

28) Katero skupino likov (A–D) lahko sestavimo, da dobimo zgornjo sliko?



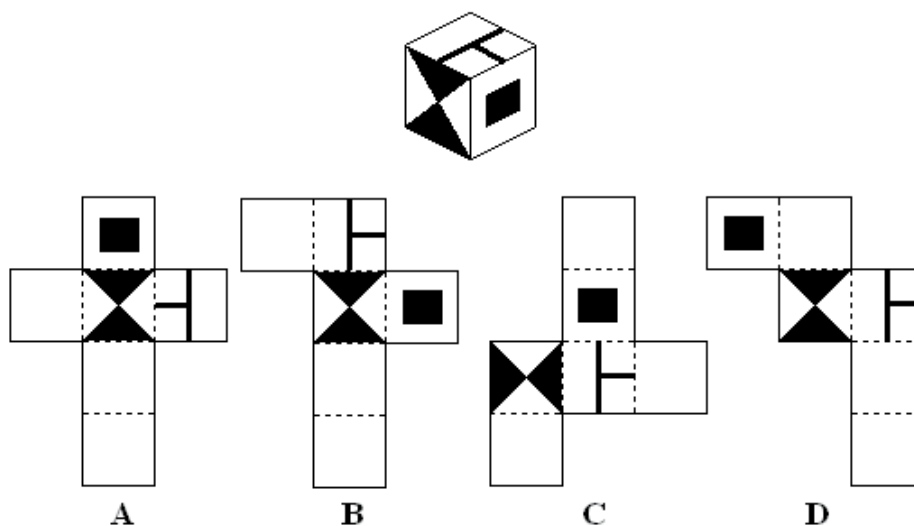
A B C D

29) Katera oblika (A–D) se lahko sestavi z deli, prikazanimi na zgornji sliki?



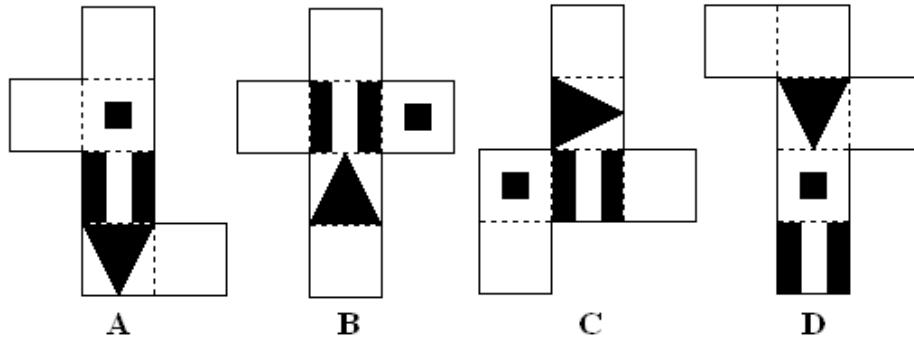
A B C D

30) Kateri vzorec (A–D) lahko zložimo, da dobimo prikazano kocko?



A B C D

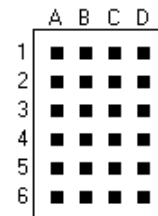
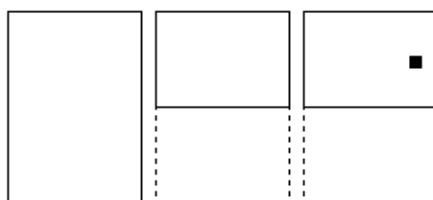
31) Kateri vzorec (A–D) lahko zložimo, da dobimo prikazano kocko?



A B C D

Spodnje skice (naloga 32) prikazujejo list papirja, ki je bil preložen. Prekinjene črte prikazujejo začetno stanje, vsaka risba prikazuje posamezen pregib. Črni kvadrat kaže mesto, kjer je bila narejena luknja. Katero je to mesto (A–D) na listu papirja, ki ni prepognjen?

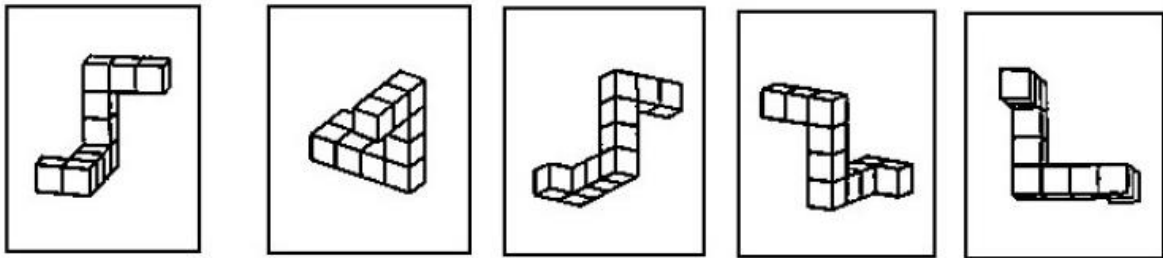
32)



A	B	C	D
2C, 5C	2D, 5D	3D, 3D	2C, 2D

A B C D

33) Katera predmeta na sliki (A–D) ustrezata predmetu na levi sliki?



A

B

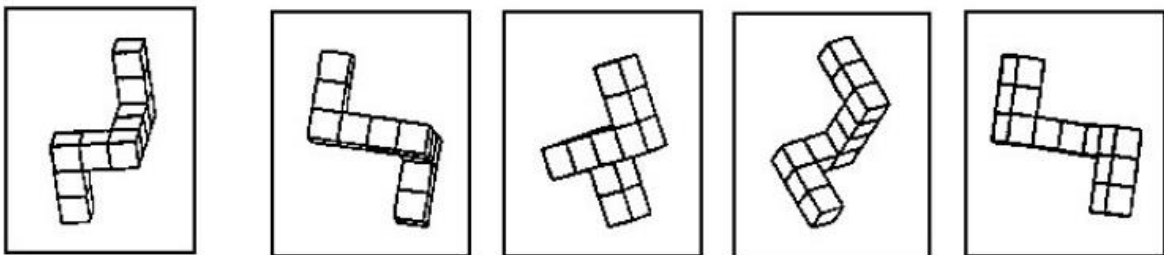
C

D

A	B	C	D
A, B	A, C	B, C	B, D

A B C D

34) Katera predmeta na sliki (A–D) ustrezata predmetu na levi sliki?



A

B

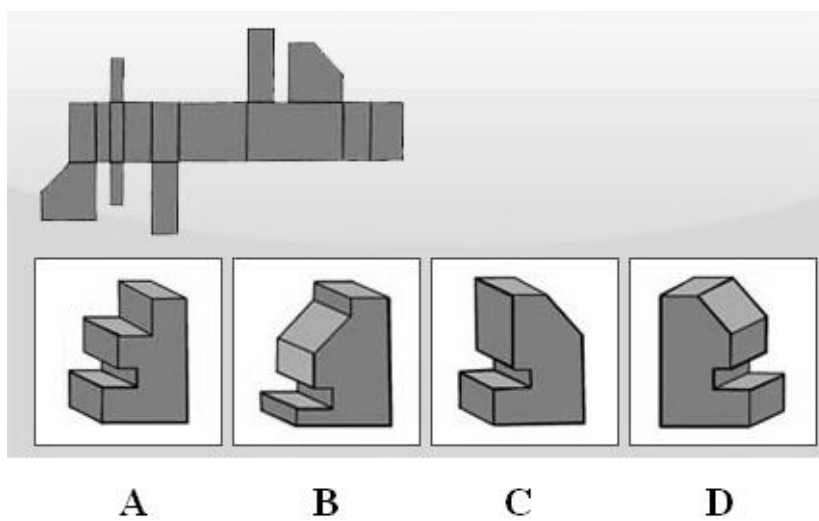
C

D

A	B	C	D
A, C	B, C	B, D	C, D

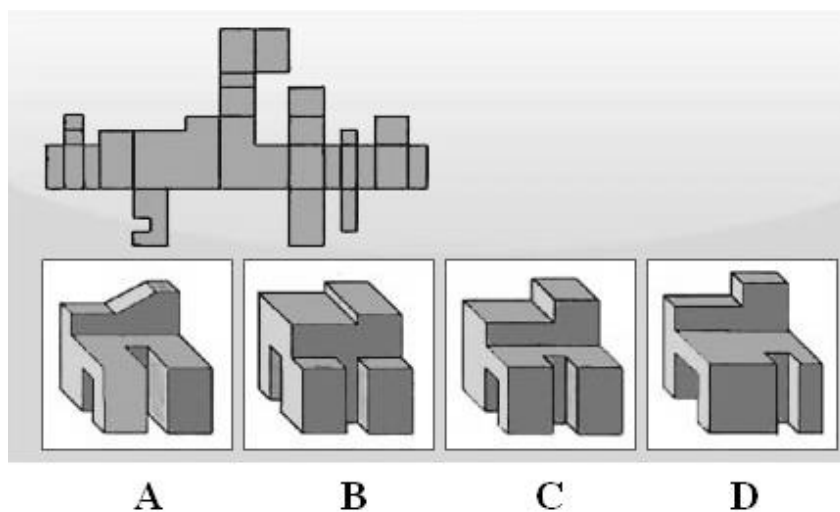
A B C D

35) Kateri predmet na sliki (A–D) ustreza mreži predmeta?



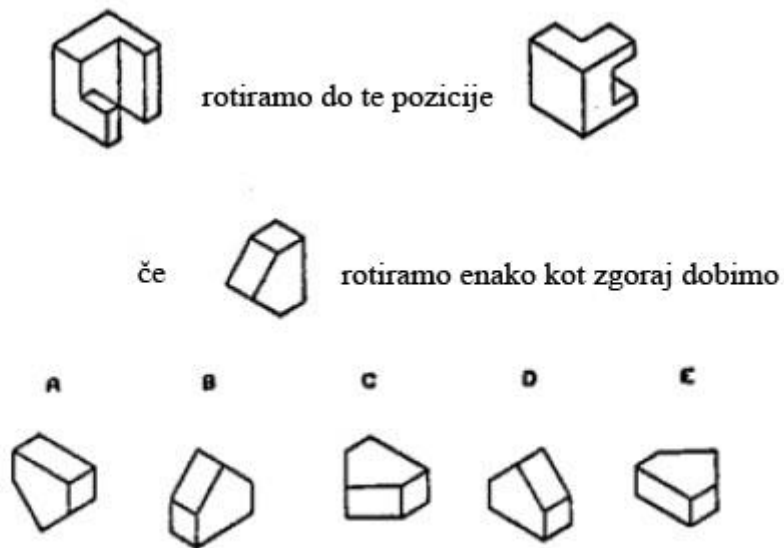
A B C D

36) Kateri predmet na sliki (A–D) ustreza mreži predmeta?



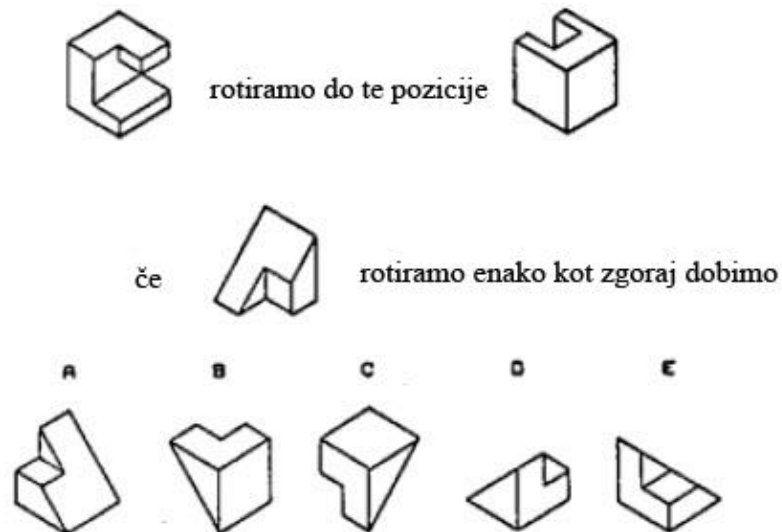
A B C D

37) Prvi predmet rotiramo do določene pozicije. Kateri predmet na sliki (A–E) ustreza drugemu predmetu, če ga rotiramo enako kot prvega?



A B C D E

38) Prvi predmet rotiramo do določene pozicije. Kateri predmet na sliki (A–E) ustreza drugemu predmetu, če ga rotiramo enako kot prvega?



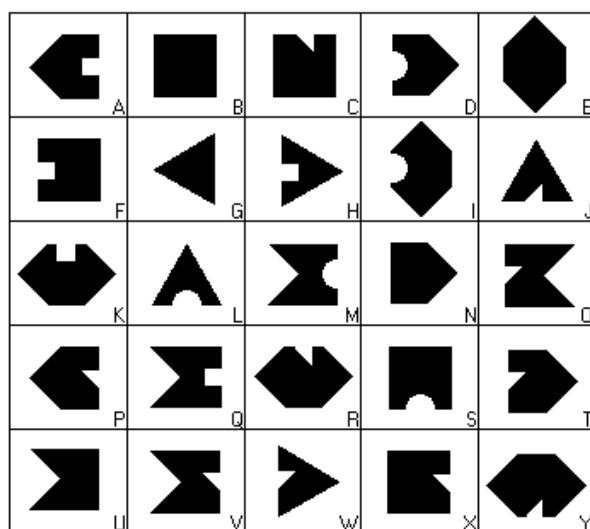
A B C D E

<b>Rešitve začetnega preizkusa</b>				
1)	N		20)	Y
2)	Q		21)	O
3)	T		22)	J
4)	F		23)	L
5)	X		24)	U
6)	H		25)	C
7)	P		26)	A
8)	D		27)	D
9)	A		28)	C
10)	S		29)	D
11)	V		30)	B
12)	I		31)	B
13)	E		32)	B
14)	K		33)	B
15)	M		34)	C
16)	W		35)	D
17)	B		36)	C
18)	R		37)	D
19)	G		38)	C

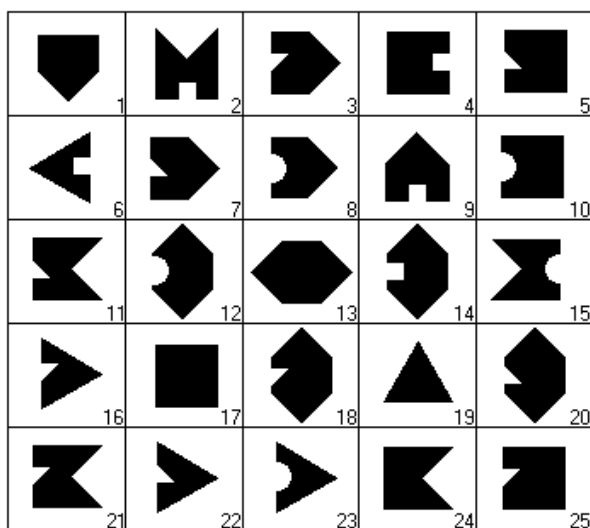
### Priloga 3: Končni preizkus iz prostorske predstavljalivosti z rešitvami

Liki iz skupine 1 so enaki kot liki iz skupine 2, čeprav so nekateri od njih zasukani. Kateri lik iz skupine 2 ustreza liku iz skupine 1?

Skupina 1



Skupina 2

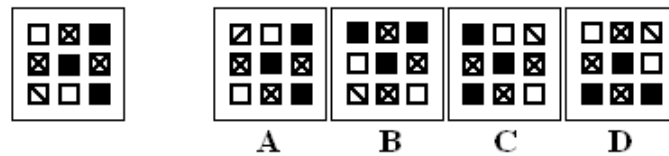


- |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
| A) | B) | C) | D) | E) |
| F) | G) | H) | I) | J) |
| K) | L) | M) | N) | O) |
| P) | Q) | R) | S) | T) |
| U) | V) | W) | X) | Y) |



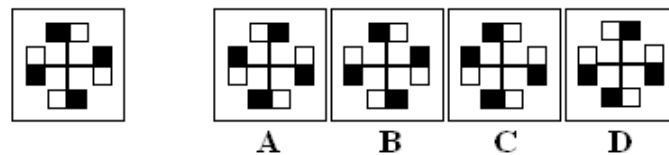
Na spodnjih slikah (nalogi 26 in 27) je ena od oblik (A–D) enaka sliki na levi, vendar je zasukana.

26) Katera oblika (A–D) je enaka sliki na levi?



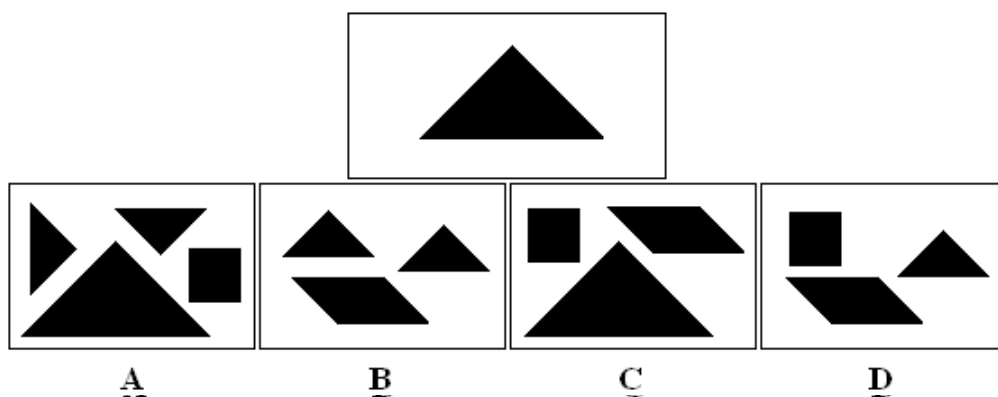
A B C D

27) Katera oblika (A–D) je enaka sliki na levi?



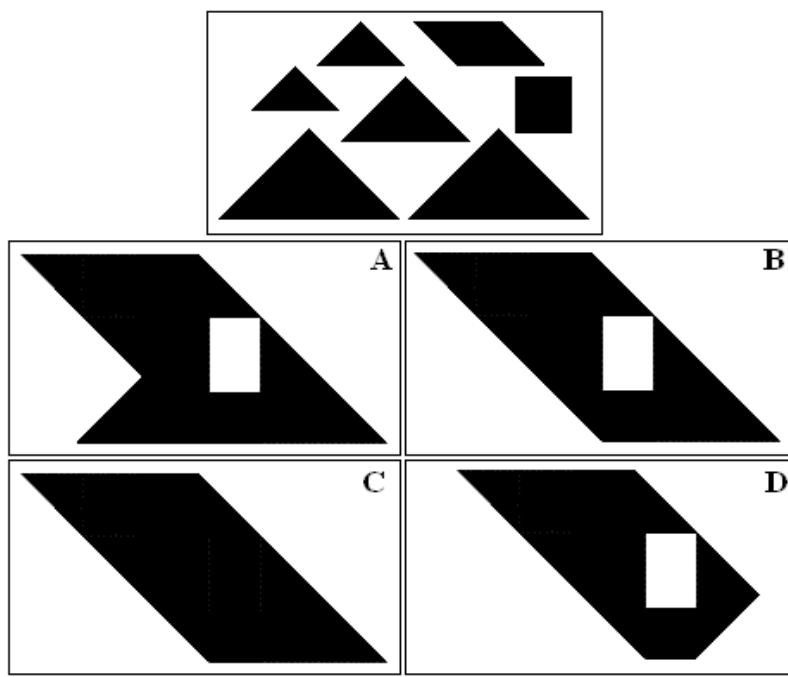
A B C D

28) Katero skupino likov (A–D) lahko sestavimo, da dobimo zgornjo sliko?



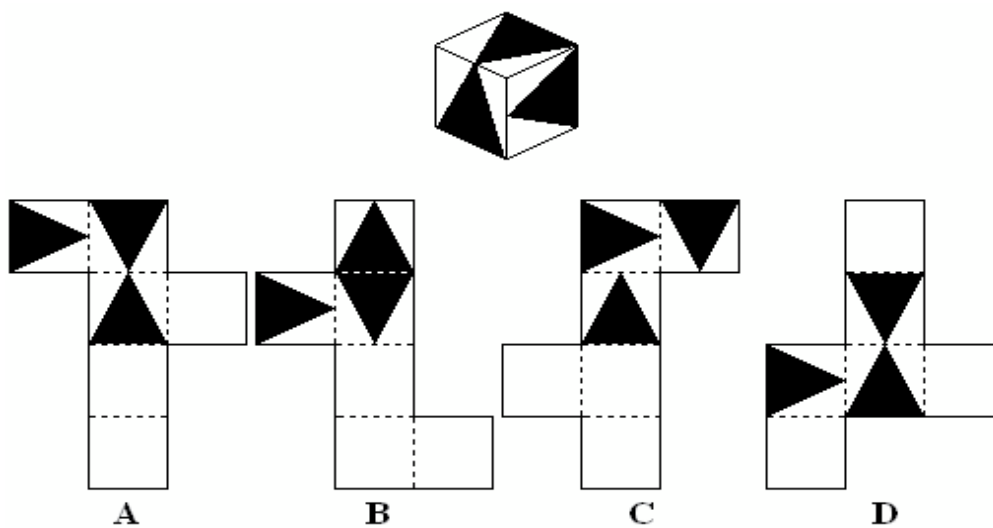
A B C D

29) Katera oblika (A–D) se lahko sestavi z deli, prikazanimi na zgornji sliki?



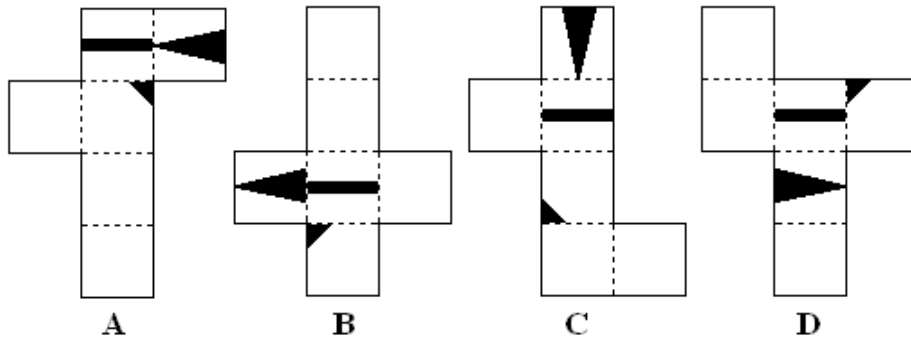
A B C D

30) Kateri vzorec (A–D) lahko zložimo, da dobimo prikazano kocko?



A B C D

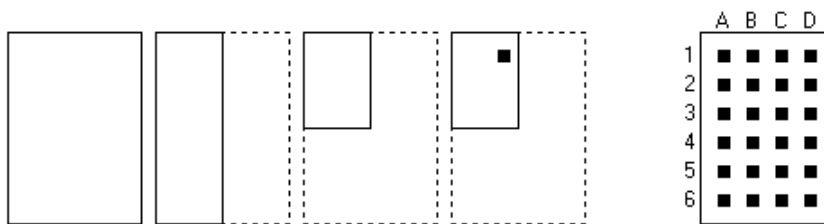
31) Kateri vzorec (A–D) lahko zložimo, da dobimo prikazano kocko?



A B C D

Spodnje skice (naloga 32) prikazujejo list papirja, ki je bil preložen. Prekinjene črte prikazujejo začetno stanje, vsaka risba prikazuje posamezen pregib. Črni kvadrat kaže mesto, kjer je bila narejena luknja. Katero je to mesto (A–D) na listu papirja, ki ni prepognjen?

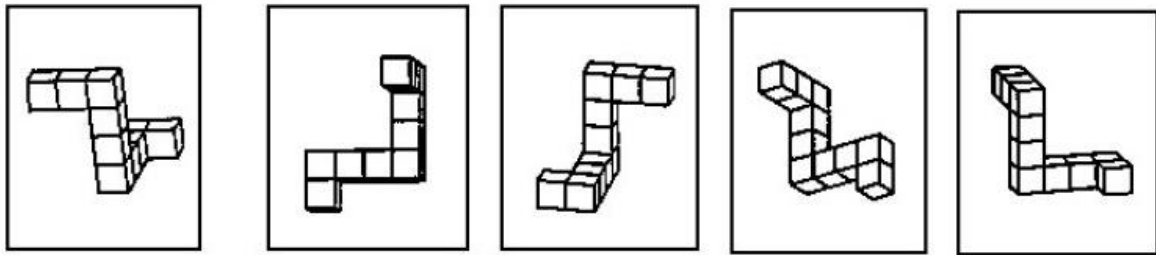
32)



A	B	C	D
1B, 1C, 5B, 5C	2B, 2C, 5B, 5C	1B, 2C, 6B, 6C	1B, 1C, 6B, 6C

A B C D

33) Katera predmeta na sliki (A–D) ustrezata predmetu na levi sliki?



A

B

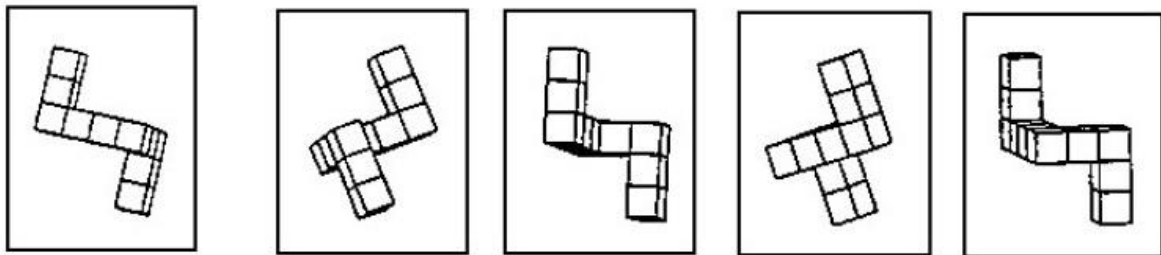
C

D

A	B	C	D
A, C	B, C	B, D	C, D

A B C D

34) Katera predmeta na sliki (A–D) ustrezata predmetu na levi sliki?



A

B

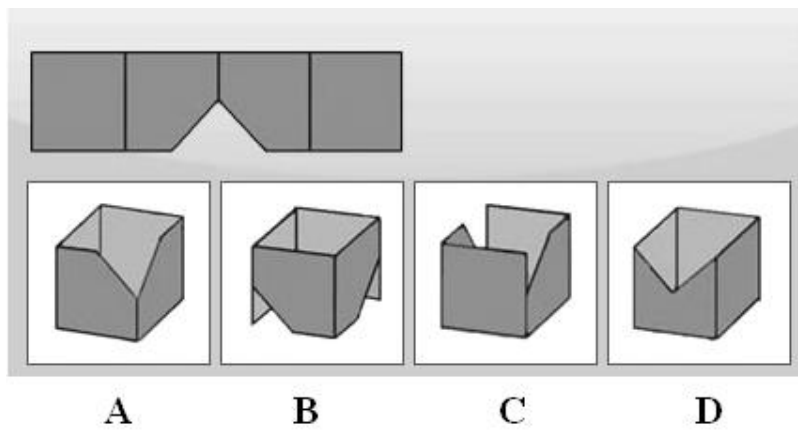
C

D

A	B	C	D
A, B	A, D	B, C	B, D

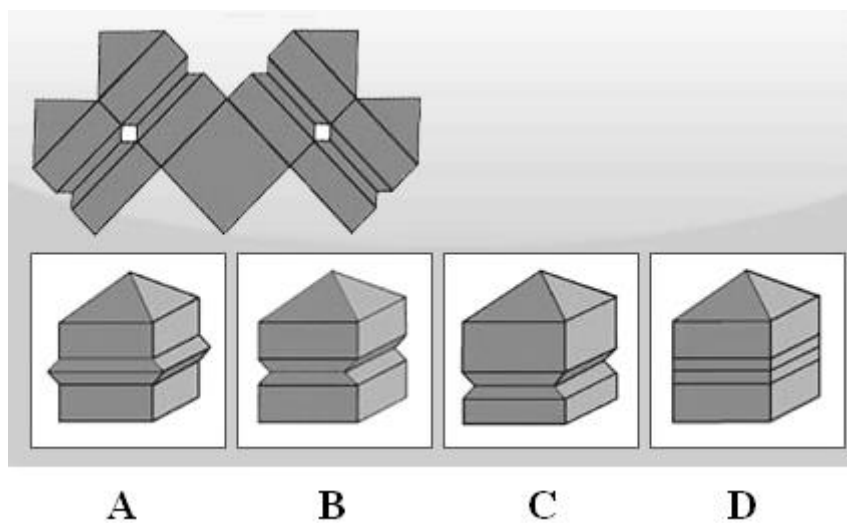
A B C D

35) Kateri predmet na sliki (A–D) ustreza mreži predmeta?



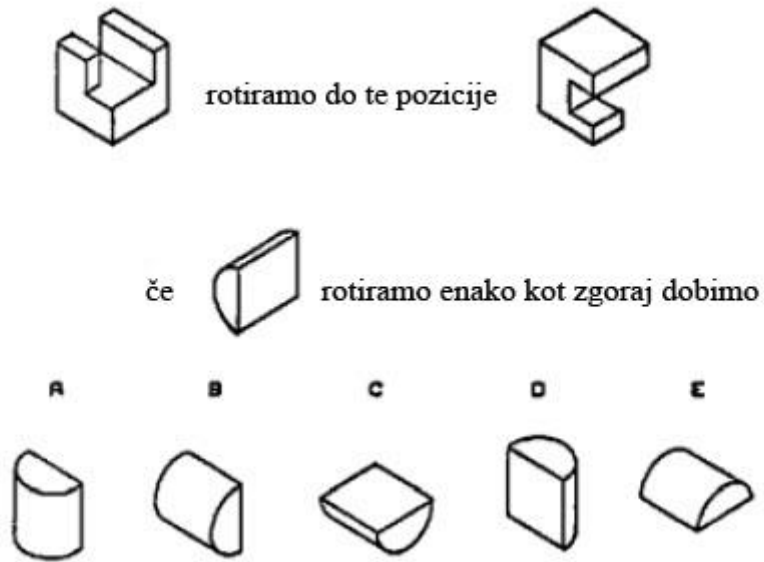
A B C D

36) Kateri predmet na sliki (A–D) ustreza mreži predmeta?



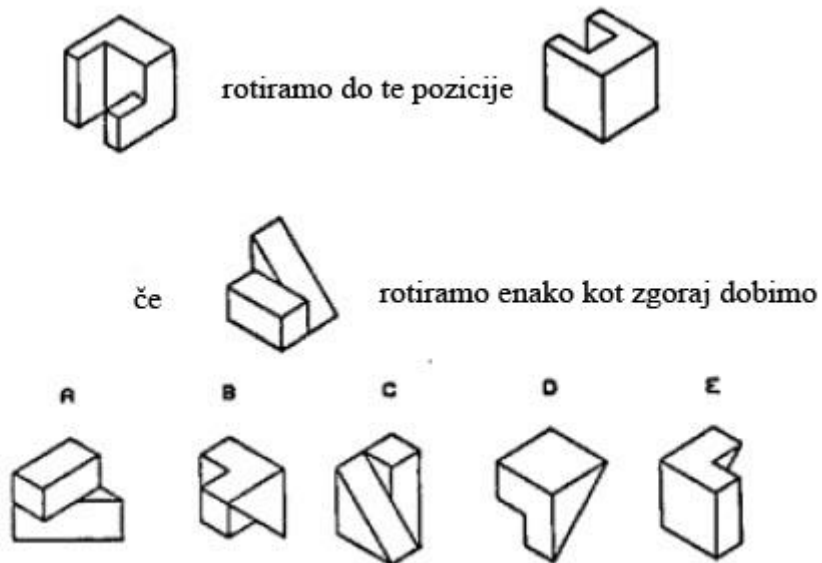
A B C D

37) Prvi predmet rotiramo do določene pozicije. Kateri predmet na sliki (A–E) ustreza drugemu predmetu, če ga rotiramo enako kot prvega?



A B C D E

38) Prvi predmet rotiramo do določene pozicije. Kateri predmet na sliki (A–E) ustreza drugemu predmetu, če ga rotiramo enako kot prvega?



A B C D E

<b>Rešitve – pomlad 2012</b>				
1)	N		20)	Y
2)	Q		21)	O
3)	T		22)	J
4)	F		23)	L
5)	X		24)	U
6)	H		25)	C
7)	P		26)	C
8)	D		27)	B
9)	A		28)	B
10)	S		29)	B
11)	V		30)	A
12)	I		31)	A
13)	E		32)	D
14)	K		33)	C
15)	M		34)	B
16)	W		35)	A
17)	B		36)	B
18)	R		37)	A
19)	G		38)	D

## Priloga 4: Samoocnitveni vprašalnik o učno-zaznavnih stilih (Čop, J., 2008)

### UČNI STILI

Ob spodnjih izjavah pripiši tiste »točke«, ki najbolj ustrezajo tvojemu načinu učenja.

Točke:

5 – skoraj vedno

4 – precej pogosto

3 – včasih

2 – redko

1 – skoraj nikoli

TOČKE	I Z J A V A
	1. Nekaj lažje razumem, če se o tem pogovarjam z drugimi ljudmi.
	2. Pri pouku precej pozorno opazujem učiteljev obraz.
	3. Pri zapisovanju v zvezek ali pri branju učne snovi uporabljam barve (flomastre, označevalnike, barvice).
	4. Dobro zamisli se mi porajajo, kadar sem telesno dejaven.
	5. Raje imam ustna kot pisna navodila.
	6. Raje poslušam besedilo na kaseti, kot pa da bi ga sam prebral.
	7. Bolj kot ustni opis poti, ki jo moram prehoditi, mi ustreza narisani zemljevid.
	8. Slabše se odrežem pri pisnih testih kot pri ustnem spraševanju.
	9. Ko se učim, ne sedim rad za mizo, ampak si raje izbiram različna mesta (tla, postelja ...).
	10. Delam si zapiske, vendar so ti nekoliko neurejeni.
	11. Z lahkoto razumem in berem zemljevide, preglednice, grafe ...
	12. Ne morem dolgo sedeti pri miru.
	13. Rad delam stvari z rokami.
	14. Če nekaj delam, me prižgan radio moti.
	15. Kadar se učim, imam rad veliko premorov.
	16. Kadar govorim, uporabljam tudi telesno govorico (kretnje).
	17. Težko si predstavljam neznane stvari, pojave, naprave.
	18. Raje bi takoj začel izdelovati nek izdelek, kot pa da bi prej poslušal navodila o tem, kako ga narediti.
	19. Rad pripovedujem šale in si jih zlahka zapomnim.



	20.	Kadar berem ali poslušam razlago, si veliko zapisujem.
	21.	Med poslušanjem razlage pogosto delam čačke po papirju oziroma klopi.
	22.	Četudi med ustno razlago ne gledam učitelja, lahko dobro sledim temu, kar govori.
	23.	Rad ustvarjam modele iz tega, kar se učim.
	24.	Ko pišem test, si zlahka predstavljam stran v zvezku ali knjigi, kjer je snov, ki sem se jo učil.
	25.	Raje delam projektne naloge, kot pa pišem spise, povzetke in obnove.
	26.	Kadar pišem, rad govorim.
	27.	Ko berem, v mislih »poslušam« besede.
	28.	Če si pišem, si boljše zapomnim.
	29.	Pri ljudeh si ne zapomnim dobro njihove zunanosti, boljše si zapomnim njihove besede.
	30.	Če si želim nekaj zapomniti, npr. telefonsko številko nekoga, mi pomaga, če si o njej v mislih ustvarim podobo.
	31.	Če se učim na glas, si snov boljše zapomnim.
	32.	V mislih si lahko predstavljam tisto, kar berem, poslušam.
	33.	Raje berem sam, kot pa da mi bere kdo drug.

### Zaznavni tip

Vidni tip	Telesno gibalni tip	Slušni tip
2	4	1
3	9	5
7	10	6
11	12	8
14	13	17
20	15	19
24	16	22
28	18	26
30	21	27
32	23	29
33	25	31
Skupaj:	Skupaj:	Skupaj:

### Priloga 5: Samoocenitveni vprašalnik o večvrstni inteligentnosti (Čop, J., 2008)

V spodnji tabeli preberi trditve. Če trditev zate velja, v okence vpiši 1, če trditev zate ne velja, pa vpiši 0.

1.	Vešč sem dela s predmeti.	
2.	Imam dober smisel za orientacijo.	
3.	Imam naravno sposobnost reševanja sporov med prijatelji.	
4.	Zlahka si zapomnim besedilo pesmi.	
5.	Znam pojasniti zapletene teme na razumljiv način.	
6.	Vedno zadeve rešujem korak za korakom.	
7.	Dobro se poznam in vem, zakaj se vedem tako, kot se.	
8.	Uživam v dogodkih skupnosti in družabnih dogodkih.	
9.	Veliko se naučim iz pogovorov, predavanj in ob poslušanju drugih.	
10.	Kadar poslušam glasbo, se moje razpoloženje spreminja.	
11.	Rad rešujem uganke, križanke, logične probleme ...	
12.	Razpredelnice, diagrami in vizualni pripomočki imajo pomembno vlogo pri učenju.	
13.	Dovzeten sem za razpoloženje in čustva ljudi, ki me obdajajo.	
14.	Največ se naučim, kadar moram stvar opraviti sam.	
15.	Preden se želim nečesa učiti, mora to biti smiselno zame.	
16.	Rad imam zasebnost, tišino pri delu in razmišljanja.	
17.	V zapletenih glasbenih delih lahko razločim posamezne inštrumente.	
18.	Zlahka si vizualno predstavljam prizore, ki sem si jih zapomnil oziroma ustvaril.	
19.	Imam dobro razvit besednjak in ga tudi uporabljam.	
20.	Rad si delam zaznamke in mislim, da je to koristno.	
21.	Imam dober občutek za ravnotežje in rad se gibljem.	
22.	Lahko razločim vzorce in odnose med izkušnjami ali stvarmi.	
23.	V skupinah rad sodelujem in upoštevam tudi zamisli drugih.	
24.	Znam opazovati in pogosto opazim stvari, ki jih drugi ne.	
25.	Hitro postanem nemiren.	
26.	Raje delam in se učim sam kot v skupini.	
27.	Rad pojem ali igram na glasbeni inštrument.	
28.	Rad računam in spretno rešujem matematične probleme.	

Oceno 0 ali 1, ki si jo izbral pri vsaki trditvi, vpiši v okence ter seštej točke.

INTELIGENTNOST	IZJAVA	TOČKE	IZJAVA	TOČKE	IZJAVA	TOČKE	IZJAVA	TOČKE	SKUPNE TOČKE
Jezikovna	5.		9.		19.		20.		
Logično-matematična	6.		11.		22.		28.		
Vizualna in prostorska	2.		12.		18.		24.		
Glasbena	4.		10.		17.		27.		
Medosebna	3.		8.		13.		23.		
Osebna	7.		15.		16.		26.		
Gibalna	1.		14.		21.		25.		

**Priloga 6: Samoocenitveni vprašalnik »Tvoj stil učenja in razmišljanja«** (A Children's form of Your Style of Learning and Thinking; Reynolds, C. A., Kaltounis, B., Torrance, E. P., 1979; priredila: Peklaj, C.; Marentič Požarnik, Magajna in Peklaj, 1995)

Pri vsaki nalogi izmed treh trditev izberi tisto, ki najbolje opisuje, kako razmišljaš in se učiš.

1.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Dobro si zapomnim imena.</li> <li>b) Dobro si zapomnim obraze.</li> <li>c) Enako dobro si zapomnim tako imena kot obraze.</li> </ul>
2.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Navodila bolje razumem, če mi jih povedo ali napišejo.</li> <li>b) Bolje razumem, kaj moram napraviti.</li> <li>c) Enako dobro sledim navodilom, naj so podana tako ali drugače.</li> </ul>
3.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Rad pokažem ljudem, kaj čutim.</li> <li>b) Svoja čustva pokažem le dobrim prijateljem.</li> <li>c) Svoja čustva obdržim zase.</li> </ul>
4.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Rad poskušam stvari, ki jih nisem še nikoli prej.</li> <li>b) Kadar preizkušam kaj novega, vedno rad prej preden preizkusim, razmislim, na kakšne načine je to možno napraviti.</li> <li>c) Enako rad preizkušam nove stvari kot stvari, ki sem jih že videl in premišljeval o njih.</li> </ul>
5.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Rad delam eno stvar naenkrat.</li> <li>b) Rad delam več stvari naenkrat.</li> <li>c) Vseeno mi je, ali delam eno ali več stvari naenkrat.</li> </ul>
6.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Všeč so mi naloge, kjer izmed danih odgovorov izberem enega.</li> <li>b) Všeč so mi naloge, kjer odgovor napišem sam.</li> <li>c) Enako rad imam obe vrsti nalog.</li> </ul>
7.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Lahko povem, kdaj je človek srečen ali ne, tako da ga opazujem ali poslušam, ko govori.</li> <li>b) Ne znam povedati, ali je nekdo srečen ali ne, če ga opazujem, lahko pa povem, če ga poslušam, ko govori.</li> <li>c) Oboje lahko naredim enako dobro.</li> </ul>

8.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Dober sem pri izmišljanju smešnih stvari.</li> <li>b) Nisem dober pri izmišljanju smešnih stvari.</li> <li>c) Včasih si brez težav izmislim smešne stvari.</li> </ul>
9.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Všeč so mi učitelji, ki mi povedo, kako naj naredim kako stvar.</li> <li>b) Všeč so mi učitelji, ki mi pokažejo, kako naj naredim kakšno stvar.</li> <li>c) Enako rad imam oba načina učenja.</li> </ul>
10.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Rad se prepričam, ali popolnoma razumem vprašanje, preden odgovorim nanj.</li> <li>b) Na vprašanje odgovorim po občutku, kot slutim, da mora biti prav.</li> <li>c) Na vprašanja enako rad odgovarjam na oba načina.</li> </ul>
11.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Rad se zabavam, kadar si poskušam neke stvari predstavljati ali o njih razmišljam.</li> <li>b) Rad imam mir, ko si poskušam stvari predstavljati.</li> <li>c) Včasih se ob predstavljanju stvari zabavam, včasih pa imam rad mir.</li> </ul>
12.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Rad si izmišljam svoje lastne igre, kadar se igram.</li> <li>b) Vedno se rad igram na isti način, nimam rad, da se pravila spreminjajo.</li> <li>c) Enako rad delam oboje.</li> </ul>
13.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Največkrat sem pripravljen uporabljati vsak material, ki ga imam pri roki, da bi napravil neko stvar.</li> <li>b) Nisem vedno pripravljen uporabiti kakršnegakoli materiala, da bi napravil neko stvar.</li> <li>c) Rad uporabim pravo orodje, ki je namenjeno za opravljanje nekega dela.</li> </ul>
14.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Rad imam učitelje, pri katerih moram delati točno po določenih navodilih.</li> <li>b) Ne maram učiteljev, ki mi točno določijo, kaj naj se učim in kako naj se to naučim.</li> <li>c) Obe vrsti učiteljev imam enako rad.</li> </ul>
15.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Vedno si izmišljam nove stvari in ideje.</li> <li>b) Včasih si izmišljam nove stvari in ideje.</li> <li>c) Nikoli si ne izmišljam novih stvari in idej.</li> </ul>

16.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Najlažje si izmislim nekaj novega, kadar ležim.</li> <li>b) Najlažje si izmislim nekaj novega, kadar sedim.</li> <li>c) Najlažje si izmislim nekaj novega, kadar hodim.</li> </ul>
17.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Rad se učim o stvareh, ki jih lahko uporabljam.</li> <li>b) Rad razmišljam o drugih krajih in novih stvareh.</li> <li>c) Oboje imam enako rad.</li> </ul>
18.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Zdi se mi, da vedno vem, kaj razmišljajo drugi ljudje.</li> <li>b) Včasih vem, kaj mislijo drugi ljudje.</li> <li>c) Nikoli ne vem, kaj drugi mislijo, dokler mi ne povedo.</li> </ul>
19.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Pogosto uporabljam primere, da ponazorim tisto, kar pripovedujem.</li> <li>b) Včasih uporabljam primere, ko nekaj pripovedujem.</li> <li>c) S težavo uporabljam primere, ko pripovedujem.</li> </ul>
20.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Pogosto dobim mnogo novih idej ob primerih.</li> <li>b) Včasih dobim ideje ob primerih.</li> <li>c) Skoraj nikoli ne dobim idej ob primerih.</li> </ul>
21.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Rad odgovarjam na lahka vprašanja.</li> <li>b) Rad odgovarjam na težka vprašanja.</li> <li>c) Enako rad odgovarjam na obe vrsti vprašanj.</li> </ul>
22.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Rad se pogovarjam z ljudmi, ki me presenečajo s svojimi izjavami.</li> <li>b) Rad se pogovarjam z ljudmi, ki mi lahko dokažejo, da imajo prav.</li> <li>c) Vseeno mi je, s kom se pogovarjam.</li> </ul>
23.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Rad delam na enem problemu naenkrat.</li> <li>b) Rad delam na veliko problemih naenkrat.</li> <li>c) Enako dobro lahko delam na oba načina.</li> </ul>
24.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Rad se učim imena, podatke in druga dejstva.</li> <li>b) Pri učenju me zanima snov, ki govori o tem, kaj se nekoč lahko zgodi.</li> <li>c) Enako rad se učim imena, podatke in druga dejstva, kot to, kaj ljudje mislijo, da se lahko nekoč zgodi.</li> </ul>

25.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Rad razmišljam o tem, kar berem.</li> <li>b) Rad uporabljam stvari, o katerih nekaj preberem.</li> <li>c) Rad delam oboje.</li> </ul>
26.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Problem rešujem po občutku, tako kot slutim, da je pravilno.</li> <li>b) Problem rešujem tako, da pazljivo premislim, katera rešitev bi bila najboljša.</li> <li>c) Probleme rešujem na oba načina.</li> </ul>
27.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Rad si v glavi zamislim, kako bom rešil nek problem.</li> <li>b) Po navadi si ne poskušam predstaviti rešitve.</li> <li>c) Vseeno mi je, lahko naredim eno ali drugo.</li> </ul>
28.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Na vprašanja rad odgovarjam tako, da previdno izberem najboljši odgovor.</li> <li>b) Na vprašanja rad odgovarjam z ugibanjem.</li> <li>c) Na vprašanja rad odgovarjam na oba načina.</li> </ul>
29.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Bolje se izražam z govorjenjem.</li> <li>b) Bolje se izražam, če kažem z rokami, ko govorim.</li> <li>c) Na vprašanja rad odgovarjam na oba načina.</li> </ul>
30.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Bolje se naučim, kadar mi učitelj razloži lekcijo z besedami.</li> <li>b) Bolje se naučim, kadar učitelj slikovno pokaže, kar se učim.</li> <li>c) Lahko se učim na oba načina.</li> </ul>
31.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Bolje si zapomnim, ko mi učitelj razloži stvar.</li> <li>b) Bolje si zapomnim stvari, ki si jih predstavljam – zamislim v glavi.</li> <li>c) Lahko se učim na oba načina.</li> </ul>
32.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Rad si predstavljam celoten potek reševanja problemov (v glavi).</li> <li>b) Rad si napišem celoten potek reševanja.</li> <li>c) Enako rad delam na oba načina.</li> </ul>
33.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Zgodbo rad pripovedujem ali pa si jo napišem.</li> <li>b) Zgodbo rad narišem ali pa jo pokažem z lutkami.</li> <li>c) Zgodbo rad povem na oba načina.</li> </ul>

34.	a) Zelo lahko se izgubim. b) Brez težav najdem pot, čeprav sem v neznanih krajih. c) Včasih najdem pot, včasih pa se izgubim.
35.	a) Rad izdelujem stvari. b) Rad razlagam stvari. c) Oboje imam enako rad.
36.	a) V šoli najraje berem. b) V šoli rad rišem. c) Risanje in branje imam enako rad.

V spodnji tabeli je pri vsakem vprašanju navedeno, kakšen odgovor predstavlja posamezna trditev (a, b ali c). L označuje levohemisferični odgovor, D desnohemisferični odgovor in I integrativni odgovor.

1.	L	D	I	13.	D	I	L	25.	D	L	I
2.	L	D	I	14.	L	D	I	26.	D	L	I
3.	D	I	L	15.	D	I	L	27.	D	L	I
4.	D	L	I	16.	D	L	I	28.	L	D	I
5.	L	D	I	17.	L	D	I	29.	L	D	I
6.	L	D	I	18.	D	I	L	30.	L	D	I



- |     |   |   |   |     |   |   |   |     |   |   |   |
|-----|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|---|---|
| 7.  | D | L | I | 19. | D | I | L | 31. | L | D | I |
| 8.  | D | L | I | 20. | D | I | L | 32. | D | L | I |
| 9.  | L | D | I | 21. | D | L | I | 33. | L | D | I |
| 10. | L | D | I | 22. | D | L | I | 34. | L | D | I |
| 11. | D | L | I | 23. | L | D | I | 35. | D | L | I |
| 12. | D | L | I | 24. | L | D | I | 36. | L | D | I |

## DELOVNI ŽIVLJENJEPIS

Andrej Šafhalter je bil rojen 16. 3. 1971 v Mariboru. Končal je Osnovno šolo Pohorskega odreda v Slovenski Bistrici in III. gimnazijo v Mariboru. Univerzitetno izobrazbo je pridobil leta 2006 na Pedagoški fakulteti v Mariboru na dvopredmetnem študijskem programu proizvodno-tehnična vzgoja in biologija. Kasneje je končal program za izpopolnjevanje izobrazbe za poučevanje predmeta naravoslovje. V letu 2009 se je vpisal na doktorski študijski program tehnika – področje izobraževanja.

Od leta 2010 je član predmetnorazvojne skupine za tehniko in tehnologijo pri Zavodu RS za šolstvo. Leta 2012 je pridobil naziv učitelj svetnik.

V šolskem letu 1997/1998 je bil zaposlen na Osnovni šoli Šmartno na Pohorju, v letu 1999/2000 pa na Osnovni šoli Pohorskega odreda v Slovenski Bistrici. Od leta 2001 je zaposlen na Osnovni šoli Anice Černejeve Makole.

Objave in aktivnosti na znanstveno – raziskovalnem in strokovnem področju:

Bibliografija je v februarju 2016 obsegala 30 enot. Od tega velja posebej poudariti pet izvirnih znanstvenih člankov in enajst objavljenih znanstvenih prispevkov na konferencah. V člankih z naslovi: *The effect of 3D-modeling training on students' spatial reasoning relative to gender and grade*; *Developing spatial ability using 3D modeling in lower secondary school*; *Spatial ability, 3D modelling and styles of thinking in relation to brain hemisphere dominance in Developing spatial visualization with 3D modeling* so bili že predstavljeni rezultati doktorske disertacije.

Izvirni znanstveni članki (izpis iz vzajemne baze podatkov COBISS):

1. ŠAFHALTER, Andrej, BAKRAČEVIČ VUKMAN, Karin, GLODEŽ, Srečko. The effect of 3D-modeling training on students' spatial reasoning relative to gender and grade. *Journal of educational computing research*, ISSN 0735-6331, 2015, str. 1-12, doi: [10.1177/0735633115620430](https://doi.org/10.1177/0735633115620430). [COBISS.SI-ID [21813000](#)]
2. ŠAFHALTER, Andrej, PEŠAKOVIĆ, Dragica. Technical talent and technical creativity in lower secondary school students. *Problems of education in the 21st century*, ISSN 1822-7864, 2015, vol. 65, str. 73-81. [COBISS.SI-ID [25233976](#)]

3. ŠAFHALTER, Andrej, GLODEŽ, Srečko, ABERŠEK, Boris, BAKRAČEVIČ VUKMAN, Karin. Developing spatial ability using 3D modeling in lower secondary school. V: LAMANAUSKAS, Vincentas (ur.). *Philosophy of mind and cognitive modelling in education - 2014*, (Problems of education in the 21st century, ISSN 1822-7864, vol. 61). Siauliai: Scientific Methodological Center Scientia Educologica, 2014, str. 113-120, ilustr. [COBISS.SI-ID [20936712](#)]
4. ŠAFHALTER, Andrej, GLODEŽ, Srečko, BAKRAČEVIČ VUKMAN, Karin. Spatial ability, 3D modelling and styles of thinking in relation to brain hemisphere dominance. *Problems of education in the 21st century*, ISSN 1822-7864, 2013, vol. 54, str. 91-98, ilustr. [COBISS.SI-ID [19966216](#)]
5. ŠAFHALTER, Andrej, GLODEŽ, Srečko, BAKRAČEVIČ VUKMAN, Karin. Developing spatial visualization with 3D modeling. V: LAMANAUSKAS, Vincentas (ur.). *Philosophy of mind and cognitive modelling in education - 2012*, (Problems of education in the 21st century, ISSN 1822-7864, vol. 46). Siauliai: Scientific Methodological Center Scientia Educologica, 2012, str. 131-137, ilustr. [COBISS.SI-ID [19518216](#)]

**UNIVERZA V MARIBORU**  
**FAKULTETA ZA NARAVOSLOVJE IN MATEMATIKO**

**IZJAVA DOKTORSKEGA KANDIDATA**

Podpisani Andrej Šafhalter, z vpisno številko N3000274,

**izjavljam,**

da je doktorska disertacija z naslovom

Razvijanje prostorske predstavljivosti z uvedbo 3D-modeliranja v osnovni šoli

- rezultat lastnega raziskovalnega dela,
- da predložena disertacija v celoti ali v delih ni bila predložena za pridobitev kakršnekoli izobrazbe po študijskem programu druge fakultete ali univerze,
- da so rezultati korektno navedeni in
- da nisem kršil avtorskih pravic in intelektualne lastnine drugih.

Podpis doktorskega kandidata:

\_\_\_\_\_